

# Arbeidsspesialisering og nye metoder i norsk trehusbygging

Wooden houses in Norway. Specialization of work, and new building methods

Av ingeniør Nils-Martin Dyngeland

Norges byggforskningsinstitutt

NORGES BYGGFORSKNINGSINSTITUTT



OSLO 1969

# Arbeidsspesialisering og nye metoder i norsk trehusbygging

Av ingeniør NILS MARTIN DYNDELAND  
NORGES BYGGFORSKNINGSINSTITUTT

Denne artikkelen bygger i det vesentlige på en rapport som NBI, ved arbeidsstudieingeniør Brynjulf Slettebø, har utarbeidet på grunnlag av arbeidsstudier i 1968 ved ett av AS Selvaagbygg's småhusfelt i Oslo-området. Artikkelen gir data fra et konkret byggefelt med forholdsvis stor arbeidsspesialisering og hvor materialer og konstruktive løsninger tillater en rasjonell utførelse. Dessuten sammenlignes tidsdata NBI har samlet fra USA og fra småhusbygging i Norge.

Byggefeltet omfattet i alt 56 leiligheter fordelt på 10 rekker og 3 leilighetstyper, se *fig. 1*. Tidregistreringen ble konsentrert til den leilighetstypen det var flest av (2 etg. + underetg.), og til husrekker med likt antall leiligheter (4 leiligheter). For å rasjonalisere arbeidet med innsamling av tiddata ble det registrert opptil 3 husrekker samtidig, men på forskjellige arbeidsoperasjoner. Det innsamlede materialet vil således, med unntak av noen få arbeidsoperasjoner, utgjøre tidforbruket for en husrekke à 4 leiligheter. På oversiktsplanen, *fig. 1*, er husrekken hvor det ble registrert tider merket som G, H, I og J (G gjelder bare halve husrekken). Dette er de husene på byggefeltet som sist ble påbegynt.

Terrengets fall varierer mellom ca. 1:6 — 1:10 ved husrekken G, H, I og J. Husenes inngangsside vender mot adkomstveien. Hovedinngangen er i underetasjen, og inngangsfasaden ligger fritt over terrenget. På husenes motstående side, havefasaden, går terrenget opp til 1. etg.

## Konstruktive løsninger — materialvalg

Husene er oppført som plattformkonstruksjon med lett bindingsverk unntatt del av gavlvegg, skillevegg og bakre vegg i underetasje

som ligger delvis under terreng. Etasjeskiller og vegger bygges opp på følgende måte: Bjelkelag og undergulv legges først. På denne måte kan gulvet benyttes som arbeidsplattform for etterfølgende arbeider, *fig. 2*. Som undergulv anvendes 19 mm vannfast kryssfinér (plywood). Bjelkelaget spenner fra gavlvegg til skillevegg eller mellom skillevegger for leiligheter inne i husrekken. Bindingsverket sammenspikres liggende på gulvet og reises opp i hele vegg lengder. Vinduer og dører blir satt inn etterpå.

Stolper og bjelkelag leveres ferdigkappet til byggeplassen. Vinduer og ytterdører er tilpasset modulen i bindingsverket slik at de plasseres direkte inn mellom stolpene uten dyttefuger. Det benyttes ikke losholter over og under vinduer eller over dører. Karmen på dør eller vindu inngår i bindingsverket som losholt, *fig. 3*. Dette muliggjøres ved at bjelkelaget spenner parallelt med hovedfasadene hvor vindus- og døråpningene er plassert.

Til innvendig kledning benyttes 11 mm gipsplater både på vegger og i himling. Dette gjelder alle rom i leilighetene unntatt på støpte vegger i kjeller. Utvendig kledning utføres som liggende panel. Ved hjørner, vinduer og ytterdører avsluttes panelen i butt mot en list, *fig. 4*. Kledningen kappes på kappsag ved huset.

Takverk utføres av 2" x 2" som sperrebukker på tvers av takbjelkelaget, c/c 61 cm. Materialene kappes og sammenspikres ved sentral kappebenk. Som taktro benyttes 9½ mm vannfast kryssfinér. Taket tekkes med shingel som ved gavlene føres ca. 2 cm utover takplatene og sikres med ekstra stifting langs kanten. Kapebord og vindski sløyfes, *fig. 5*. Taktro av 9½ mm kryssfinér er foreløpig ikke godkjent men ble på dette byggefeltet benyttet som prøve etter spesiell godkjenning av departementet.

## Arbeidsspesialisering — bemanning

Tømrer- og snekkerlagets bemanning varierte mellom 12 og 15 mann under studiene på byggeplassen. I tillegg kommer 2 — 4 spesialarbeidere (1 — 2 gjenger) som utførte montering av gipsplater. Dagfolkene er ikke medregnet.

Inndelingen i gjenger og fordelingen av arbeidsoperasjoner fulgte stort sett nedenstående mønster:

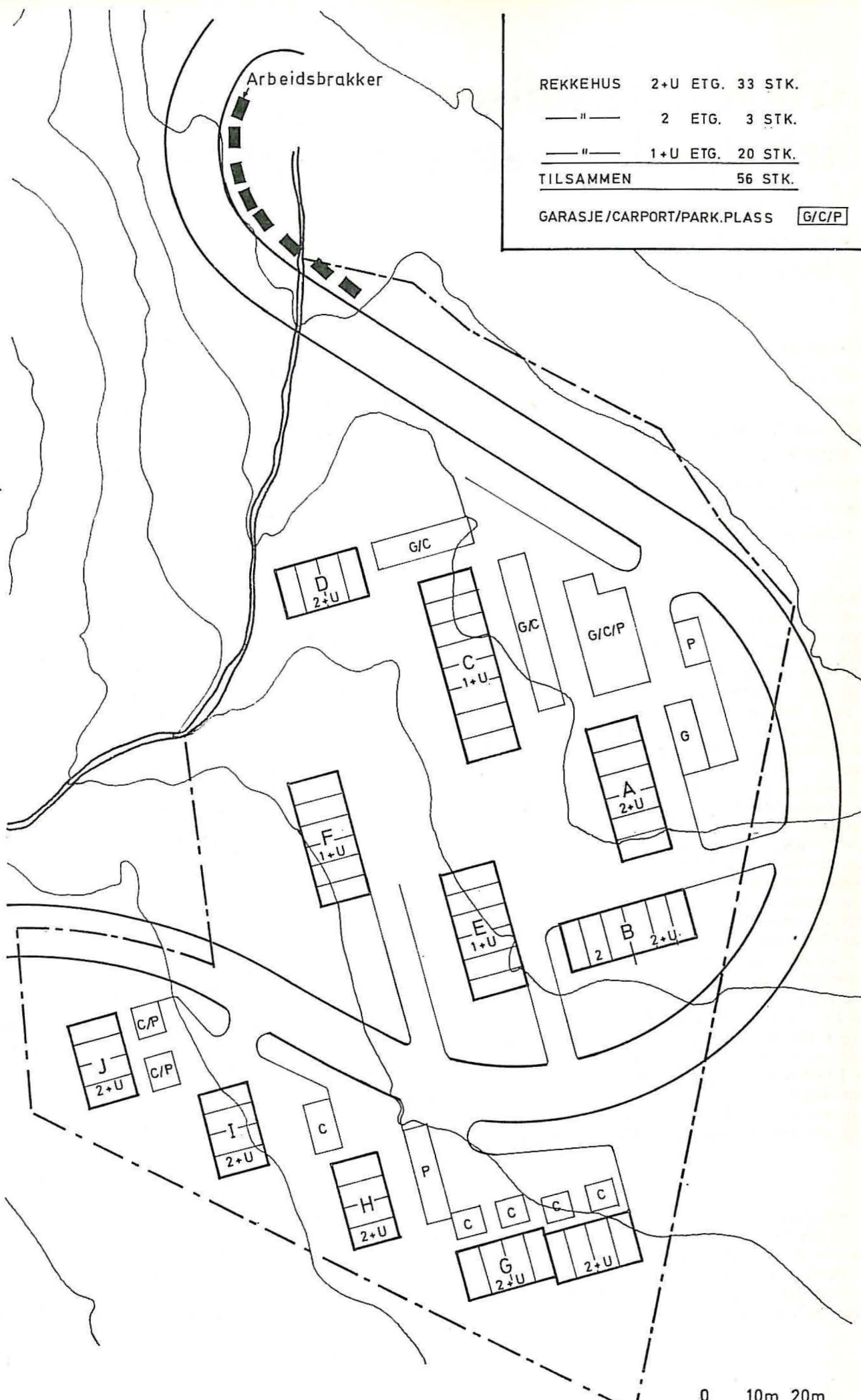
### Tømrer- og snekkerfaget

Gjeng 1: 2 mann.

Bindingsverk yttervegger og skillevegger, underetg. + vinduer og dører.  
Bindingsverk yttervegger og skillevegger, 1. etg. + vinduer og dører.  
Bindingsverk yttervegger og skillevegger, 2. etg. + vinduer og dører.

Gjeng 2: 3 mann.

Bjelkelag	1. etg.
Undergulv, 19 mm vannfast kryssfinér	1. etg.
Bjelkelag	2. etg.
Undergulv, 19 mm vannfast kryssfinér	2. etg.
Takbjelkelag	
Montering av takverk (sperrebukker)	
9½ mm vannfast kryssfinér på tak.	



REKKEHUS	2+U ETG.	33 STK.
— " —	2 ETG.	3 STK.
— " —	1+U ETG.	20 STK.
<b>TILSAMMEN</b>		<b>56 STK.</b>

GARASJE/CARPORT/PARK.PLASS **G/C/P**

0 10m 20m

Fig.nr.1 Oversiktsplan

Gjeng 3: 3 mann.  
Utv. papp og panel. Utv. belistning.  
Papp og shingel på tak (overtok da  
gjeng 5 flyttet til annen byggeplass).

Gjeng 4: 2 mann.  
Isolasjon, plastfolie og lettvegger.  
Utv. papp og panel. Utv. belistning.  
(Sammen med gjeng 3).

Gjeng 5: 3 mann.  
Papp og shingel på tak. (Arbeidet  
ble overtatt av gjeng 3).

Gjeng 6: 2 mann.  
Kapping, sammenbygging takverk.  
Kapping, merking sviller og spiker-  
slag.  
Kapping og tillaging gipsplateskun-  
ker, «sjalusier» og div.

**Montører**  
2 — 4 mann Montere gipsplater  
(1 — 2 gjenger)

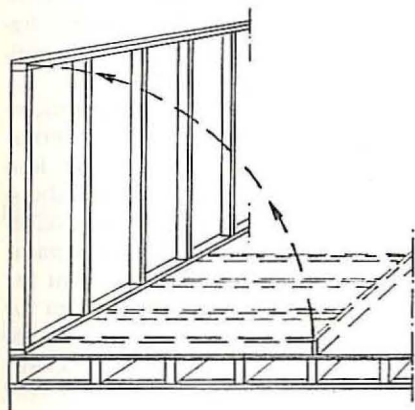


Fig. 2. Undergolv benyttet som ar-  
beidsplattform.

#### Studieresultater

Timeverkforbruket i tabell 1 og 2 er hentet fra basens oppfølging på byggeplassen og inneholder både metodetid og tilleggstider. På grunn av at enkelte gjenger i tømrer- og snekkerfaget arbeider sammen på noen arbeidsoperasjoner, kan det forekomme at det er ført for mange timeverk på en arbeidsoperasjon og tilsvarende for få på en annen. Det oppgitte timeverkforbruk pr. arbeidsoperasjon og husrekke bør derfor tas med forbehold, mens sum timeverk for arbeidsoperasjonene som inngår i tabellene kan sies å være pålitelig. Det bør videre påpekes at sum timeverk pr. husrekke eller leilighet bare omfatter arbeider frem til ferdig råbygg for tømrer- og snekkerlaget. Tallene gir derfor ikke noe sikkert bilde av innkjøringsforløpet for de samlede byg-  
ningsmessige arbeider.

Tømrer- og snekkerarbeider som ikke er medtatt i tabell 1 er: stillaser, innvendige lettvegger, montering av skap, kjøkkeninnredning, trapper, montering av innvendige dører, innvendig belistning av vinduer og dører samt montering av beslag.

Øvrige arbeider: Grunnarbeid, mur (pipemontering m/puss), gipsplatemontering, takteking (papp og shingel), rørleggerarbeid, elektrikerarbeid, blikkenslagerarbeid og malerarbeid.

Ser man på hele byggefeltet var fremdriften følgende:

Husrekke A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, se fig. 1. Husrekkene det er oppgitt tidforbruk på i tabell 1, består alle av samme leilighetstype med 4 leiligheter i hver rekke. Husrekke G har riktignok 2 x 4 leiligheter i rekke med horisontal og vertikal forskyvning mellom de to midterste leilighetene. Timeverkforbruket på denne husrekken er gjennomsnitt pr. 4 leiligheter av 8. Husrekkene C, E og F består av andre leilighetstyper. Timeverkforbruket for disse er derfor vanskelig å sammenligne direkte med timeverkforbruket for de øvrige. Husrekke A består av samme leilighetstype som D, G, H, I og J, men med 6 leiligheter i rekke. Regner man ut gjennomsnittlig timeverkforbruk pr. leilighet på grunnlag av sum timeverk pr. husrekke i tabell 1 og tar med husrekke A, får man innkjøringsforløp som vist i tabell 2.

Både tabell 1 og 2 viser en ganske markert reduksjon i timeverkforbruket. Det skulle allikevel være grunn til å tro at tidforbruket kan reduseres ytterligere når man tar i betraktning at dette var den første byggeplassen firmaet forsøkte en del nye arbeidsmetoder og konstruktive løsninger på.

Innkjøringsforløpet for de enkelte arbeidsoperasjoner i tabell 1 gir nok et noe usikkert bilde. Sum timeverk pr. husrekke à 4 leiligheter skulle derimot være ganske pålitelig. Reduksjonen i timeverkforbruk ligger på ca. 9 % mellom husrekke D og J. Ser man på timeverkforbruk pr. leilighet, vil reduksjonen være på ca. 17 % mellom husrekke A og J. Gjennomsnitt timeverkforbruk for 30 leiligheter ligger 12,6 % under forbruket på husrekke A. Husrekke J viser et noe høyere timeverkforbruk enn de to foregående. Da de oppgitte tallene inneholder totalt medgåtte timeverk, også transport- og gangtid,

vil slike variasjoner være ganske naturlig. Det kan f. eks. nevnes at terengforholdene ved husrekke J var vanskelige. Dette kan ha innvirket vesentlig på transporttiden.

I stasjonær industri regner man ofte at den totale midlere tilvirkningstid (eller her akkumulert middel pr. leilighet) synker 20 % for hver fordobling av antall gjentatte enheter. Undersøker man dette forhold ut fra de foreliggende tall, får man en reduksjon av den totale operasjonstid pr. fordobling av antall leiligheter på ca. 6 % d.v.s. en reduksjonsfaktor på 0,94.

Innkjøringsforløpet vist i tabell 2 ser bort fra innvirkning av at det ble utført 2 husrekker mellom A/D og D/G. Det er derfor mulig at tabellene viser et noe hurtigere innkjøringsforløp enn om A, D og G hadde blitt utført i sammenhengende serie, p.g.a. forholdsvis stor likhet mellom alle leilighetstypene. Dersom man kunne studere trenings-effekten (reduksjonen i produktivt timeverkforbruk pr. arbeidsoperasjon og leilighet), ville det kunne gi svar på denne antakelsen.

#### Tidsforbrukets fordeling på metodetid og tilleggstid

Tidforbrukets fordeling på metode-  
tid og tilleggstiden er utarbeidet på grunnlag av NBI's studier på byggefeltet. Metodetiden inneholder den delen av materialtransporten som kan klassifiseres som materialhåndtering, d.v.s. transport som inngår i akkordtariffens satser. I den utstrekning «dagfolkene» har utført denne transporten, inngår deres timeverkforbruk i metodikken.

Ifølge definisjonen er metodetid tidforbruk for utførelse av sykliske og periodiske arbeidsavsnitt. Tilleggstidene defineres som forstyrrelser i den løpende produksjon som forårsaker en økning av tidforbruket utover metodetiden (med inntil 1 times sammenhengende varighet). Avgrensningen av metodetidens sykliske arbeidsavsnitt vil i dette tilfelle bli: arbeidsoperasjon pr. husrekke (4 leil.). Metodetidens periodiske arbeidsavsnitt vil f. eks. være: flytte verktøy mellom husrekkene, dekke/avdekke materialer, rydde for å komme til. Ved å betrakte de sykliske og de periodiske arbeidsavsnitt hver for seg fåes en oppdeling av metodetiden i hva man kaller grunntid og fordelingstid. På samme måte kan tilleggstidene deles i driftsteknisk tapstid og personlig

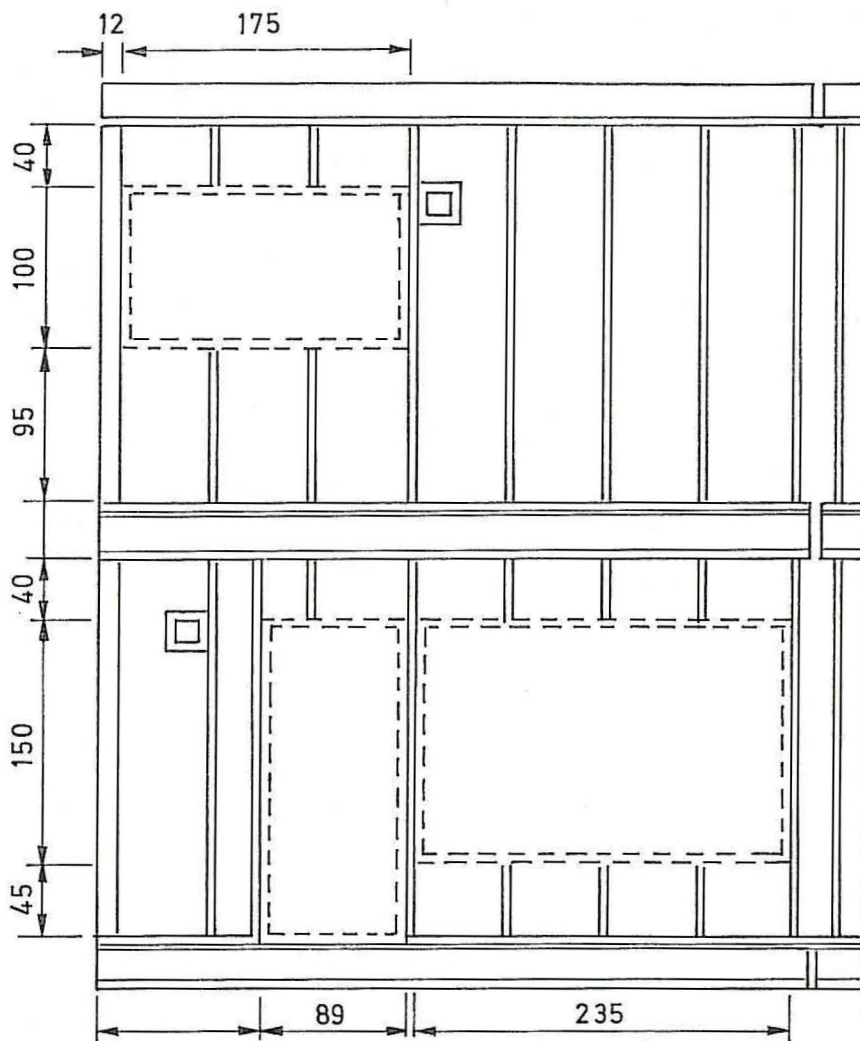


Fig. 3. Montering av vinduer og dører

behov. Studieresultatene fremgår av tabell 3.

**Driftsteknisk tapstid utgjøres vesentlig av følgende tider:**

Konferere arbeider,

- » bas/formann,
- » tegninger,

hente materiale (små kvanta),

- » verktøy,

arbeider utenfor arbeidsstudiemannens observasjonsområde.

gangtid (mellom arbeidsbrakker og bygg).

For tømmer- og snekkerlaget utgjør gangtid ca. 10 % av sum og for gipsplatemontørene ca. 5 % av sum registrerte timeverk.

**Sammenstilling av driftsenhetstider**

I tabell 4 er gjort en sammenligning mellom tidregistreringer NBI har utført i USA og Norge på noen arbeidsoperasjoner. Det er kun gjort sammenligninger mellom driftsen-

hetstider som knytter seg til samme konstruksjonsdel(er), men arbeidsmetode og utførelse varierer. Disse forhold blir klargjort under merknader.

**Merknader til tabell 4**

**Generelt:** Differansen i tidforbruk kan henføres til en rekke forhold. De viktigste må antas å være: arbeidsspesialisering, arbeidsmetoder, konstruktiv utførelse og anvendelse av forskjellige materialer, herunder også grad av ferdigkapping.

Enhetstidene i kolonne I angir et normalt variasjonsområde for tidforbruk på de enkelte arbeidsoperasjoner med tradisjonell bygging i Norge. Arbeidsspesialiseringen må her betegnes som liten, d.v.s. det blir ikke arbeidet kontinuerlig i serier med samme arbeidsoperasjon. For kolonne II må graden av arbeidsspesialisering betegnes som høy, da det her er tatt hensyn til

antall arbeidsoperasjoner som er til delt den enkelte arbeidsgruppe såvel som at det gis anledning til å arbeide kontinuerlig i serier uten for hyppig skifting mellom forskjellige arbeidsoperasjoner. For kolonne III kan spesialiseringen betegnes som meget høy ut fra de samme kriterier for arbeidsspesialisering.

**Bindingsverk yttervegger/skillevegger og lettvegger:**

I. Ferdigkappede stolper. Justerte materialer.

Spikerslag kappes på stedet.

Tradisjonell arbeidsmetode og konstruktiv utførelse.

II. a. Ferdigkappede stolper og spikerslag. Justerte materialer. Spikerslag anvendes bare hvor innvendige vegger løper mot yttervegger.

Metode: Tilt up d.v.s. undergulv legges først. Bindingsverket spikres derpå sammen i hele vegg lengder liggende på undergulvet og reises opp på dette.

b. Enhetstiden er et gjennomsnitt av bindingsverk yttervegger/skillevegger og lettvegger. Ser man på enhetstiden for yttervegger/skillevegger og lettvegger separat ligger den på 0,034 t/lm for yttervegger og 0,055 t/lm for lettvegger. Årsaken til dette kan i noen grad forklares

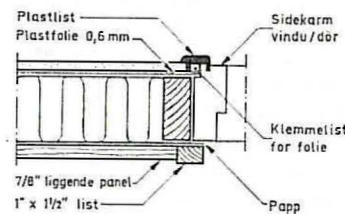
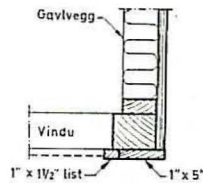


Fig. 4. Panelavslutning ved hjørner og dør/vindusåpninger.

ved at i enhetstiden for lettvegger inngår tid til oppmåling for plassering av lettvegger samt innsetting av spikerslag ved yttervegger og i himling der lettvegger løper parallelt med bjelke-lag.

Den vesentlige årsaken i det-

te tilfellet må allikevel tilskrives unøyaktigheter i underlaget som medførte ekstra justering av svill og tilpassing av stolper på noen lettvegger.

III. Som II. a.

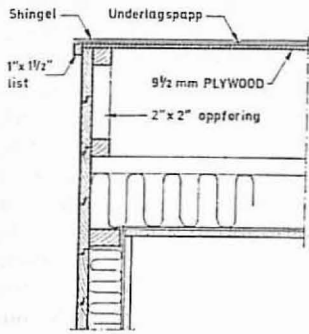


Fig. 5. Detalj av takverk og taktekkning.

#### Montere vinduer:

- I. Tradisjonell arbeidsmetode og konstruktiv utførelse. Tidforbruket er eksklusiv dytting av fuger.
- II. Vinduene er tilpasset bindingsverkets modul og monteres direkte mellom stolpene uten dytefuger på sidene. Alle vinduer

er plassert i ikke-bærende yttervegger. Dette sammen med at vinduene festes direkte til stolpene i bindingsverket, medfører at losholter over og under vinduene kan sløyfes, og monteringen gjøres enklere ved at vinduene understøttes direkte ved hjelp av de vertikale spikerslag under vinduet. Dette sikrer også en riktig brystningshøyde.

- III. Vinduene leveres med påsatt utvendig belistning. Utvendig rundt åpningen i bindingsverket festes en plastfolieremse før vinduene monteres. Vinduene er tilpasset bindingsverkets modul og monteres med 4 spiker gjennom den utvendige belistning. Monteringen utføres av to mann, en mann innvendig med vaterpass og en mann som spikrer vinduet fast utvendig.

#### Bjelkelag m/ veksling:

- I. Ferdiggappede, justerte materialer.
- II. Ferdiggappede, justerte materialer.
- III. Mangler registreringer.

#### Taktro:

- I. 3/4" bordtak.
- II. 9 1/2 mm vannfast kryssfinér. Platene legges med svevende skjøter og klips. Format på hele plater, 122 x 244 cm.
- III. Som II.

#### Isolasjon i vegger og tak

- I. 10 cm matter i vegger, 15 cm i bjelkelag.
- II. Som I.
- III. 7 cm matter i vegger og bjelkelag.

#### Taktekking, shingel og underlagspapp:

- I. Mangler registreringer.
- II. Arbeidet ble ikke utført av spesialarbeidere. Det var en rekke avbrudd og heftelser i arbeidet som sannsynligvis har innvirket på ytelsen.
- III. Arbeidet ble utført av spesialarbeidere.

#### Gipsplatemontering:

- I. Gipsplatene monteres stående på vegger. Platene må ofte tilpasses romhøyden.
- II. Gipsplatene monteres liggende. Romhøyden er tilpasset 2 ganger platebredden. Øverste plate

Tabell 1. Tømmer- og snekkertimer frem til ferdig røbygg.

Rekkefølge	Husrekke					Innkjøringsforløp med husrekke D som basis				
	D	G	H	I	J	D	G	H	I	J
Arb.operasjoner	tim./4 leil.	tim./4 leil.	tim./4 leil.	tim./4 leil.	tim./4 leil.	tim./4 leil.	tim./4 leil.	tim./4 leil.	tim./4 leil.	tim./4 leil.
Bind.v. u.etg. + vinduer/ytterdører	28	41,5	29	29	31	0	+13,5	+ 1	+ 1	+ 3
Bjelkelag 1. etg. + spreng	31	27	23	23	29	0	- 4	- 8	- 8	- 2
Plywood gulv 1. etg.	27	28	22	24	19	0	+ 1	- 5	- 3	- 8
Bind.verk 1. etg. + vinduer/ytterdører	32	29	25	25	27	0	- 3	- 7	- 7	- 5
Bjelkelag 2. etg. + spreng	25	23	19	16	15	0	- 2	- 6	- 9	-10
Plywood gulv 2. etg.	27	26,6	24	21	19	0	- 0,5	- 3	- 6	- 8
Bind.verk 2. etg. + vinduer	29	24,5	21	23	29	0	- 4,5	- 8	- 6	0
Takbjelkelag	22	16	14	19	18	0	- 6	- 8	- 3	- 4
Sammenbygging av takverk (bukker)	23,5	23	23,5	23,5	23,5	0	- 0,5	0	0	0
Montering av takverk	20	10	15	12	16	0	-10	- 5	- 8	- 4
Plywood på tak	14	22,5	19	21,5	20	0	+ 8,5	+ 5	+ 7,5	+ 6
Utv. papp, panel og belistning	191,5	166	172	160	180	0	+25,5	-19,5	-31,5	-11,5
Isolasjon og plastfolie	49	60,5	54,5	58,5	52	0	+11,5	+ 5,5	+ 9,5	+ 3
Sum	519	497,5	461	455,5	478,5	0	-21,5	-58	-63,5	-40,5

Tabell 2. Innkjøringsforløp for tømrer- og snekkerarbeid frem til ferdig råbygg.

Rekkefølge	Husrekke					
	A	D	G	H	I	J
Antall leiligheter pr. husrekke	6	4	8	4	4	4
Timeverk pr leilighet	tv 144	130	124	115	114	119
Innkjøringsforløp med husrekke A som basis	tv 0	-14	-20	-29	-30	-25
Akkumulert sum leiligheter	6	10	18	22	26	30
Akkumulert middel pr leilighet	tv 144	138	132	129	127	126
Midlere reduksjon pr. leilighet	tv 0	-6	-12	-15	-17	-18

Tabell 3. Fordeling av timeverk på metodetid og tilleggstider.

Tømrer-/snekkerarbeide		Timeverk	%
Metodetid	Grunntid	405	
	Fordelingstid	17	74
Tilleggstid	Driftsteknisk tapstid	75	13
	Personlig behov	76	13
		573	100
<i>Gipsplatemontering</i>			
Metodetid	Grunntid	56	
	Fordelingstid	1	84
Tilleggstid	Driftsteknisk tapstid	5	7
	Personlig behov	6	9
		68	100

Tabell 4. Driftsenheter ved ulike utførelsesmetoder for visse arbeidsoperasjoner.

Arbeidsoperasjon/ Konstruksjonsdel	I. Grense verdier ved tradisjonell bygging i Norge	II. Reg. enhetstider på norsk byggeplass ved tilnærmede utførelser og metoder som i USA	III. Reg. enhetstider på byggeplass i USA (Levitt and Sons Inc.)
Avbinding og reising bindingsverk yttervegger, skillevegger og lettvegger	0,14 — 0,08 t/lm	0,042 t/lm	0,015 t/lm
Montere vinduer	0,45 — 0,30 t/stk.	0,243 t/stk.	0,033 t/stk.
Legge bjelkelag m/vekslinger	0,15 — 0,11 t/lm	0,044 t/lm	—
Taktro	0,25 — 0,15 t/m <sup>2</sup>	0,115 t/m <sup>2</sup>	0,051 t/m <sup>2</sup>
Isolasjon tak og vegger (ekskl. folie)	0,08 — 0,05 t/m <sup>2</sup>	0,047 t/m <sup>2</sup>	0,023 t/m <sup>2</sup>
Taktekking, underlagspapp og shingel	—	0,231 t/m <sup>2</sup>	0,085 t/m <sup>2</sup>
Montering gipsplater (ekskl. taping og sparkling)	0,20 — 0,15 t/m <sup>2</sup>	0,091 t/m <sup>2</sup>	0,054 t/m <sup>2</sup>

monteres først. Arbeidet ble utført av spesialarbeidere .

III. Som II.

#### Avslutning

Det er påvist en tydelig reduksjon i timeverkforbruket pr. leilighet, ca 17 % reduksjon ved en serie på 30 leiligheter. Den gjennomsnittlige reduksjon i timeverkforbruket for de samme 30 leilighetene i forhold til de 4 første i serien er ca. 12,5 %. Denne effekten må tilskrives seriebygging og arbeidsspesialisering. Det viktigste synes imidlertid å være at driftsenhetstidene for de fleste tidsstuderte arbeidsoperasjoner ligger atskillig lavere enn gjennomsnittet for NBI's data fra seriebygging på noenlunde tilsvarende hus typer i Norge. Dette gir et godt grunnlag for å slutte at visse nye arbeidsmetoder og konstruksjoner er betydelig mer rasjonelle enn tilsvarende «tradisjonelle» utførelser.

Man må også kunne forvente en fortsatt reduksjon, idet undersøkelsen gjelder en byggeplass hvor vedkommende bedrift for første gang tok i bruk en del nye arbeidsmetoder og konstruktive løsninger. Denne antagelsen understøttes av tall fra amerikanske byggeplasser (tabell 4).

