

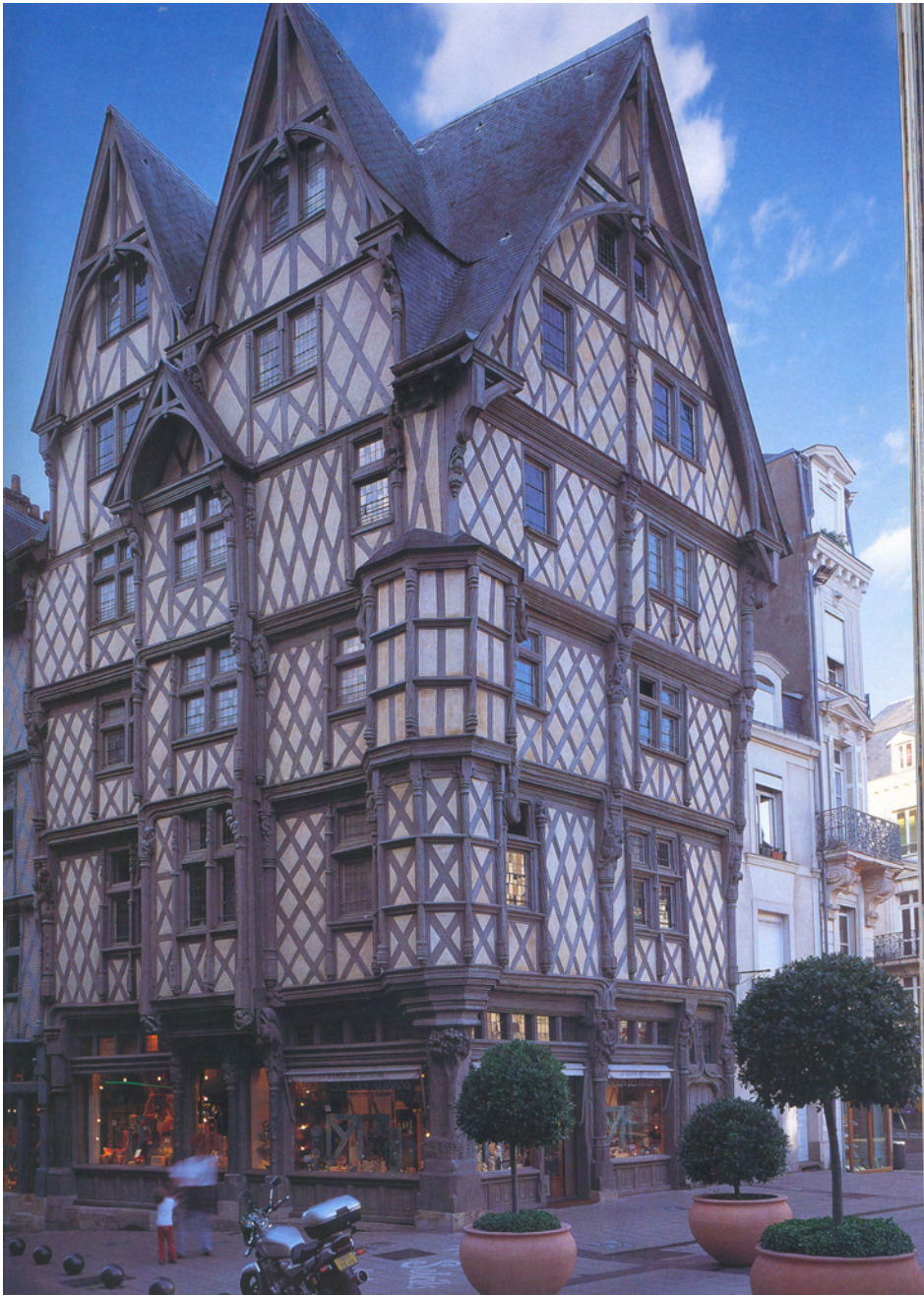
Puitkonstruktsioonide erikursus I

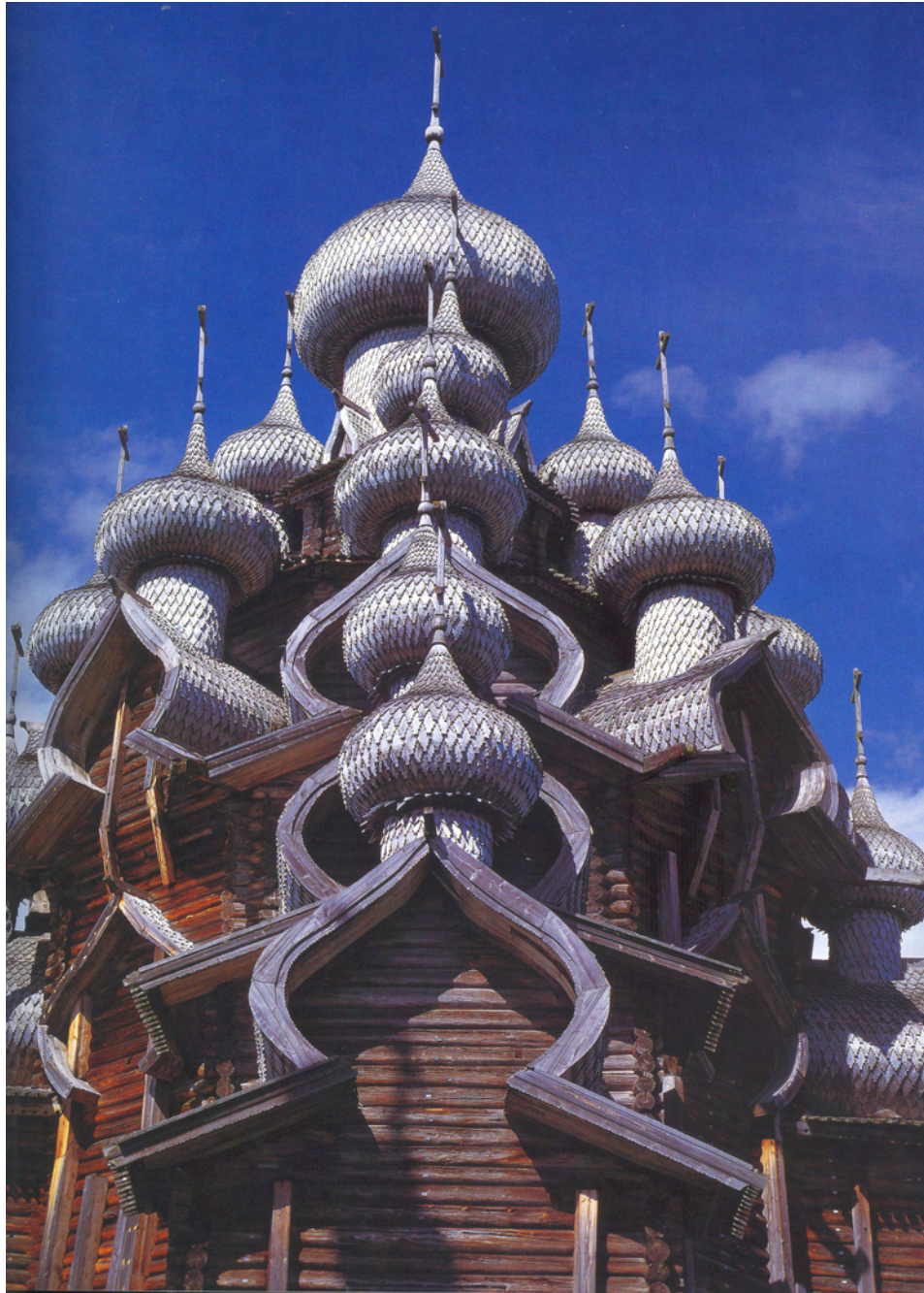
Karl Õiger

Tallinn, 28.07.06.

Huvitavaid puitkonstruktsioone maailmast



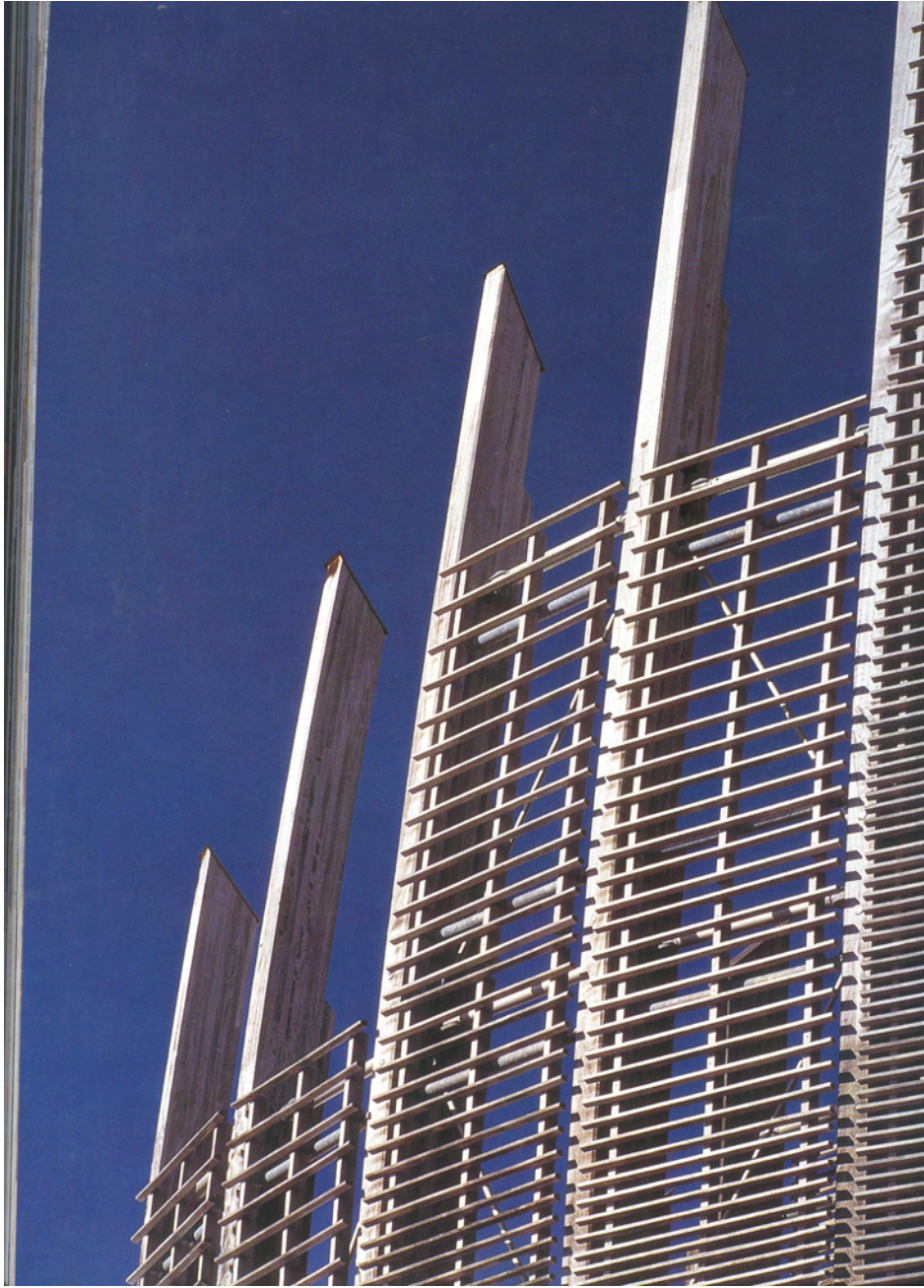


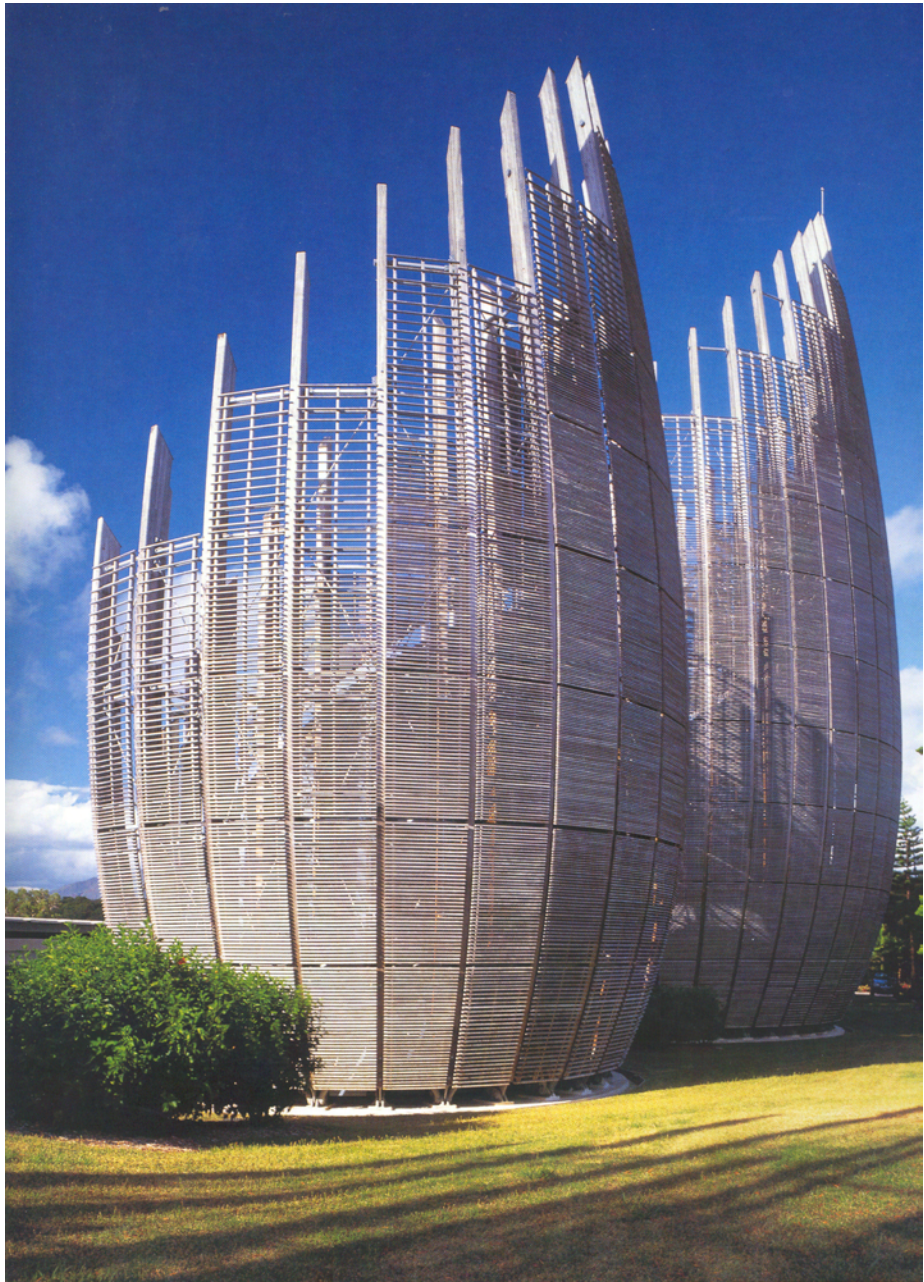












Sisukord

Sissejuhatus

- I Uusimad ehituskonstruksioonide puit- ja puidupõhjalised materjalid
- II Uusimaid pk liited
- III Armeeritud ja eelpingestatud talad
- IV Komposiitkonstruktsioonid
- V Palkmaja
- VI Korruselised karkasshooned (+ Tartu korrusmaja arvutusskeemid), sh termoprofiilidega välisseinad, puidust ruumlikud moodulid
- VII Suureavaliste hoonete, saalide (Estonia), jne erinevad liimpuitkonstruktsioonid (katus, postid, sein)

Sisukord

- VIII Ruumlikud katusekonstruktsioonid (võrkvõlv, ribikoorikvõlv, struktuurkandjad, tensegritid, kuplid, silinder-, konoid-, ja hüparkoorikud, ..., punkrid, silod), sh ruumlik püsivus
- IX Puitornid ja mastid
- X Puitsillad, estakaadid, galeriid
- XI Suureavaliste raudbetoonkonstruktsioonide puit- ja puitmetall raketised
- XII Puitvundamendid
- XIII Puitkonstruktsioonide tulepüsivus (biopüsivus vt hoonete ja ehitiste uuendamise kursus)
- XIV Plastehituskonstruktsioonid, eriti kangaskonstruktsioonid (sh telk- ja pneumokonstruktsioonid) ja arvutamise iseärasused

Sissejuhatus

- ✓ Käesolevas puitkonstruktsioonide (pk) kursuse osas käsitleme mõningaid pk arvutamise, projekteerimise ja valmistamise eriküsimusi, sh tulepüsivust, ning eriti suureavaliste ja kõrgete ehitiste konstruktsioone, nende üksikelemente ja projekteerimist.
- ✓ Eeldusaineteks on puitkonstruktsioonide põhikursus (üldeeskirjad ja eeskirjad hoonete projekteerimiseks, üksikelementide, liidete arvutus ning konstrueerimine) ja ehitusmehaanika.

Sissejuhatus

- ✓ Nimetatud konstruktsioonide ja teemade hulka võiks lugeda:
 - uusimad ehituskonstruktsioonide puit- ja puidupõhjalised materjalid
 - uusimaid pk liited
 - armeeritud ja eelpingestatud talad
 - komposiitkonstruktsioonid
 - palkmajad
 - korruselised karkasshooned (+ Tartu korrusmaja arvutusskeemid), sh termoprofiilidega välisseinad, puidust ruumlikud moodulid
 - suureavaliste hoonete, saalide (Estonia), jne erinevad liimpuitkonstruktsioonid (katus, postid, sein)

Sissejuhatus

- ruumlikud katusekonstruktsioonid (võrkvõlvid, ribikoorikvõlvid, struktuurkandjad, tensegritid, kuplid, silinder-, konoid-, ja hüparkoorikud, ...)
- puittornid ja mastid
- puitsillad
- suureavaliste raudbetoonkonstruktsioonide puit- ja puitmetall raketised
- puitvundamendid
- puitkonstruktsioonide tulepüsivus (biopüsivus vt hoonete ja ehitiste uuendamise kursus)
- plastehituskonstruktsioonid, eriti kangaskonstruktsioonid (sh telk- ja pneumokonstruktsioonid) ja arvutamise iseärasused

Sissejuhatus

- ✓ Alljärgnevalt teemade visualiseerimiseks mõningaid näiteid



















































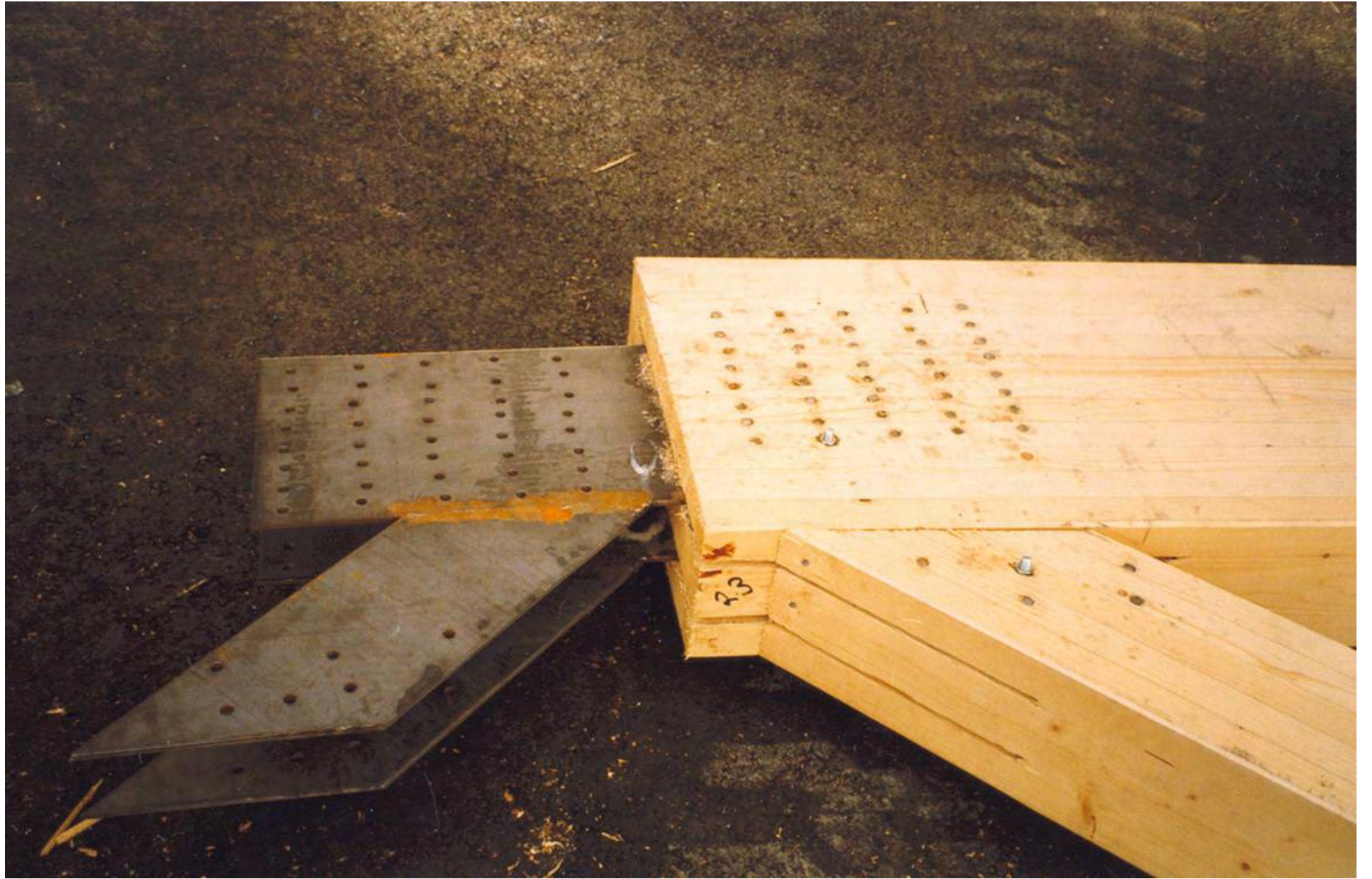


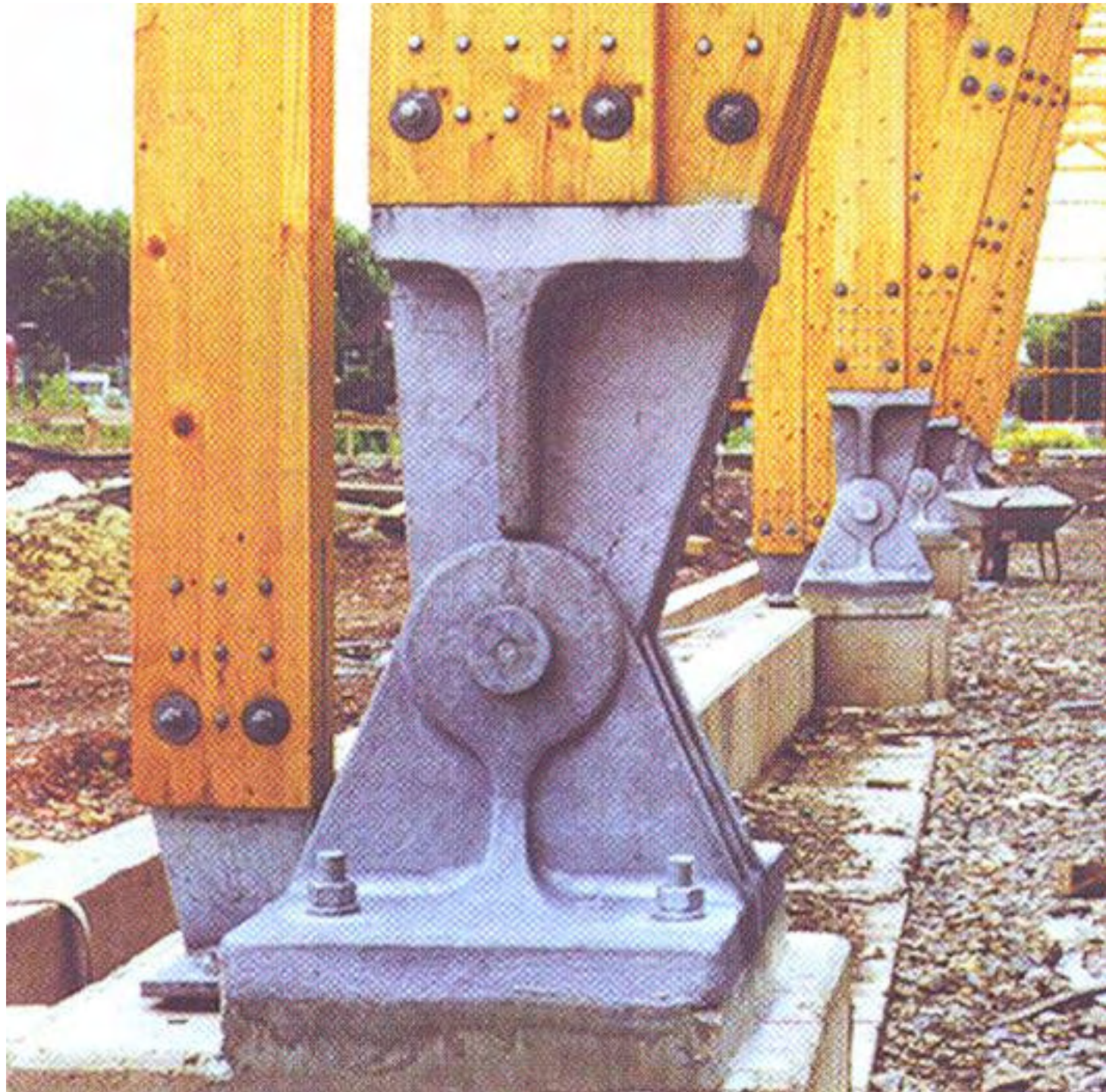


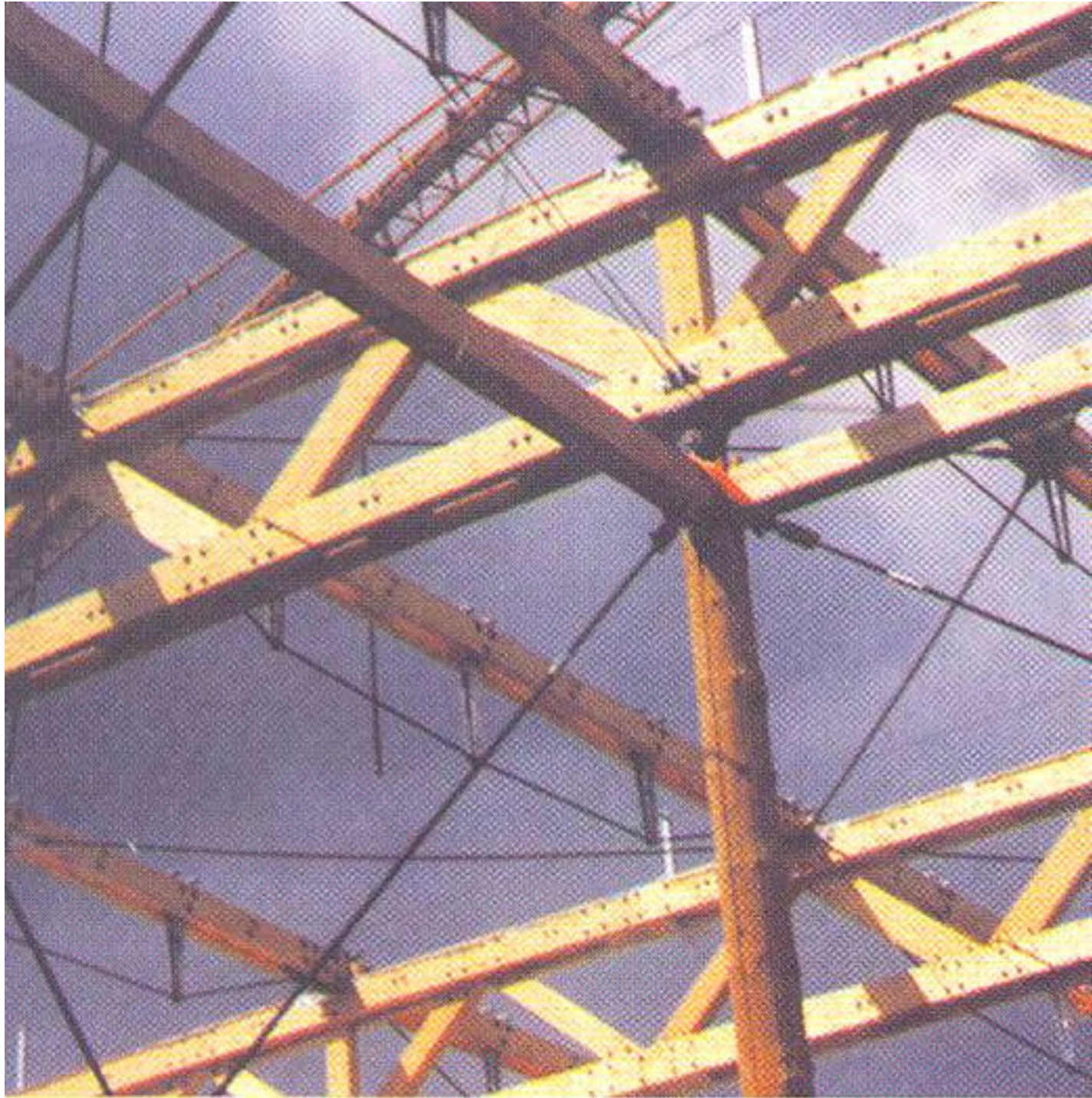














Tallinna spordihall



Estonia kuppelsaal

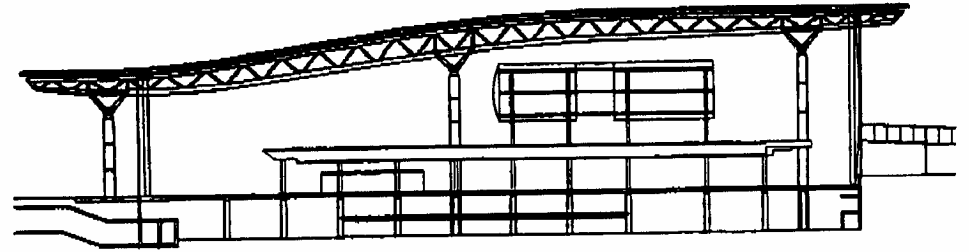


Restoran "Paat"



Ilmarise ärikeskus

Liimpuitehitised



Gardermoen'i lennujaam
Oslo, Norra



Liimpuitehitised



Vierumäki, Soome

Incukalns, Läti



Eindhoven, Holland

Sibeliustalo





Meddødede kool
Gjøvik, Norra



Veekompleks
Bad Neuenahr















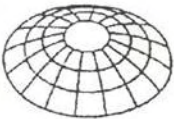

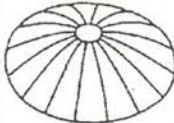
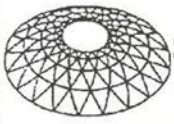

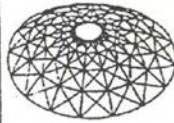
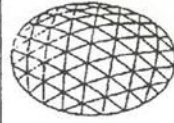
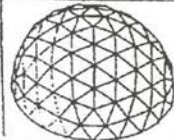


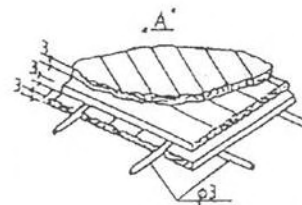
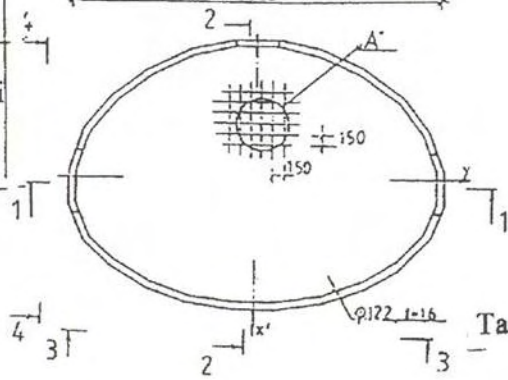
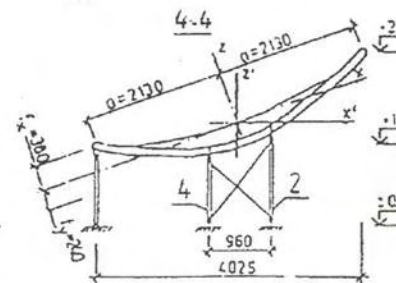
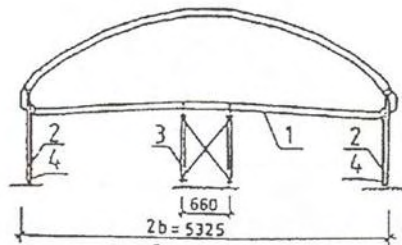
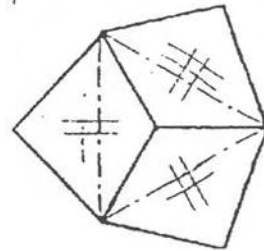
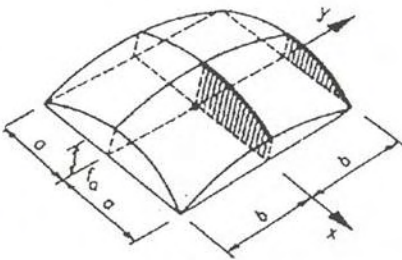
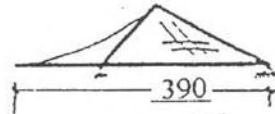
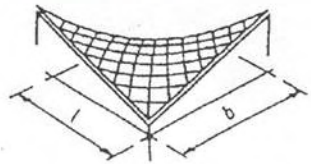
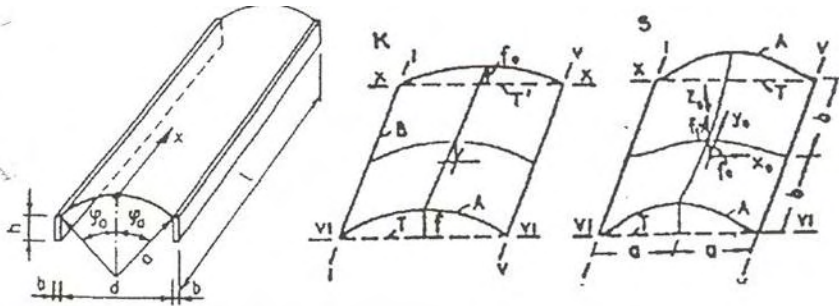




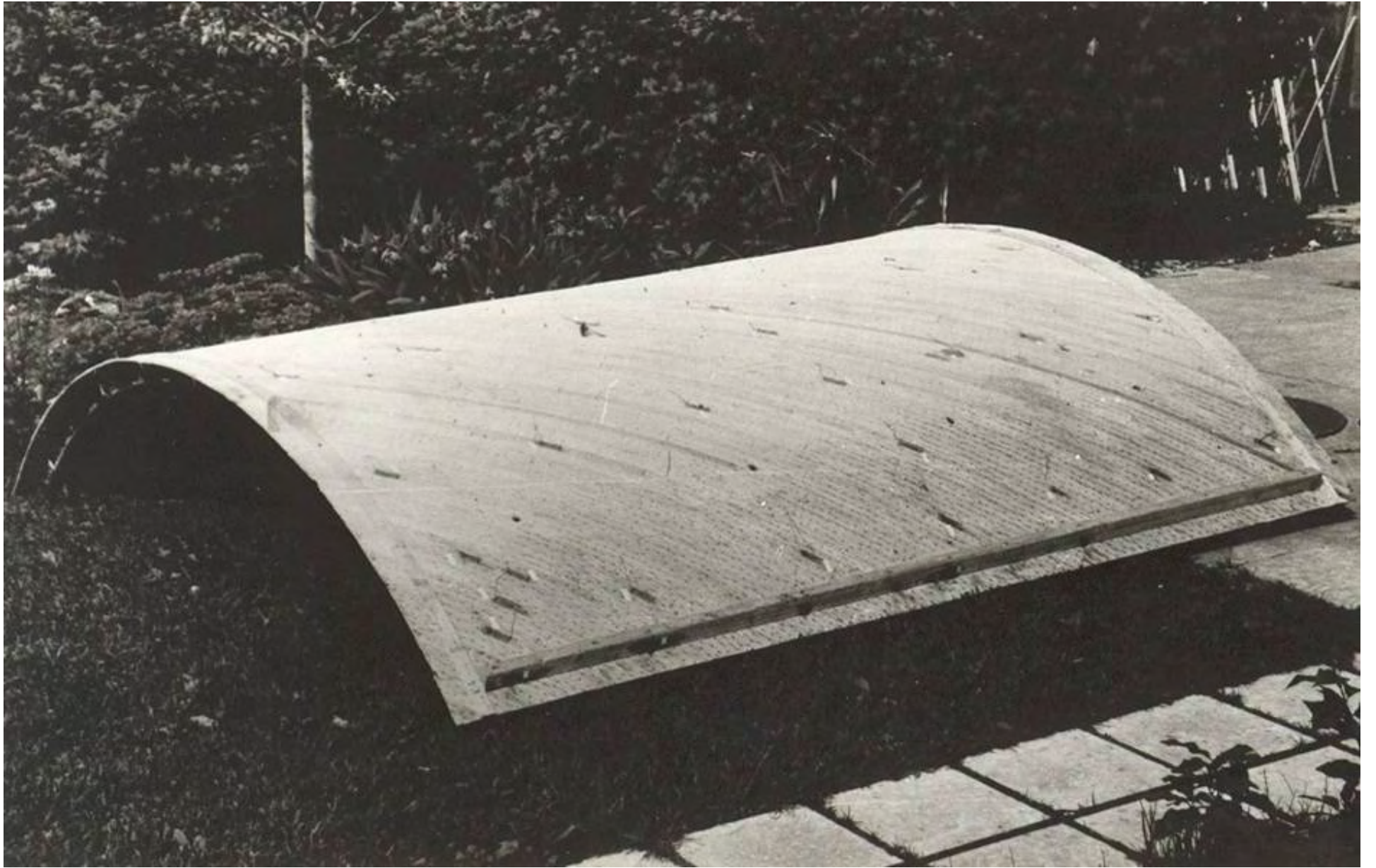




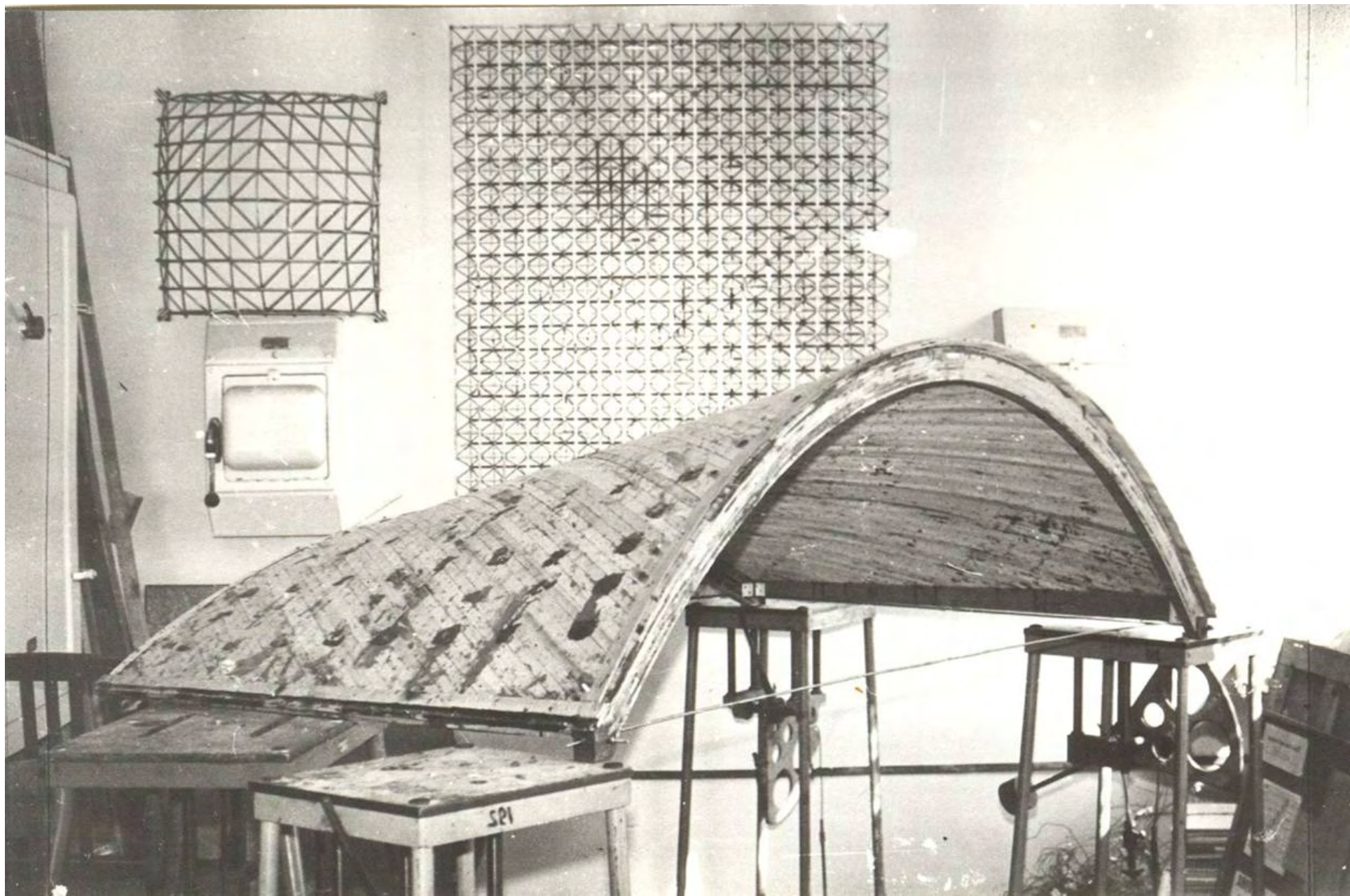
	Kaarikehäkupoli
	Kaarikupoli
	
	Schwedlerin kupoli
	Lamellikupoli
	
	Aarinakupoli
	Geodeettinen kupoli

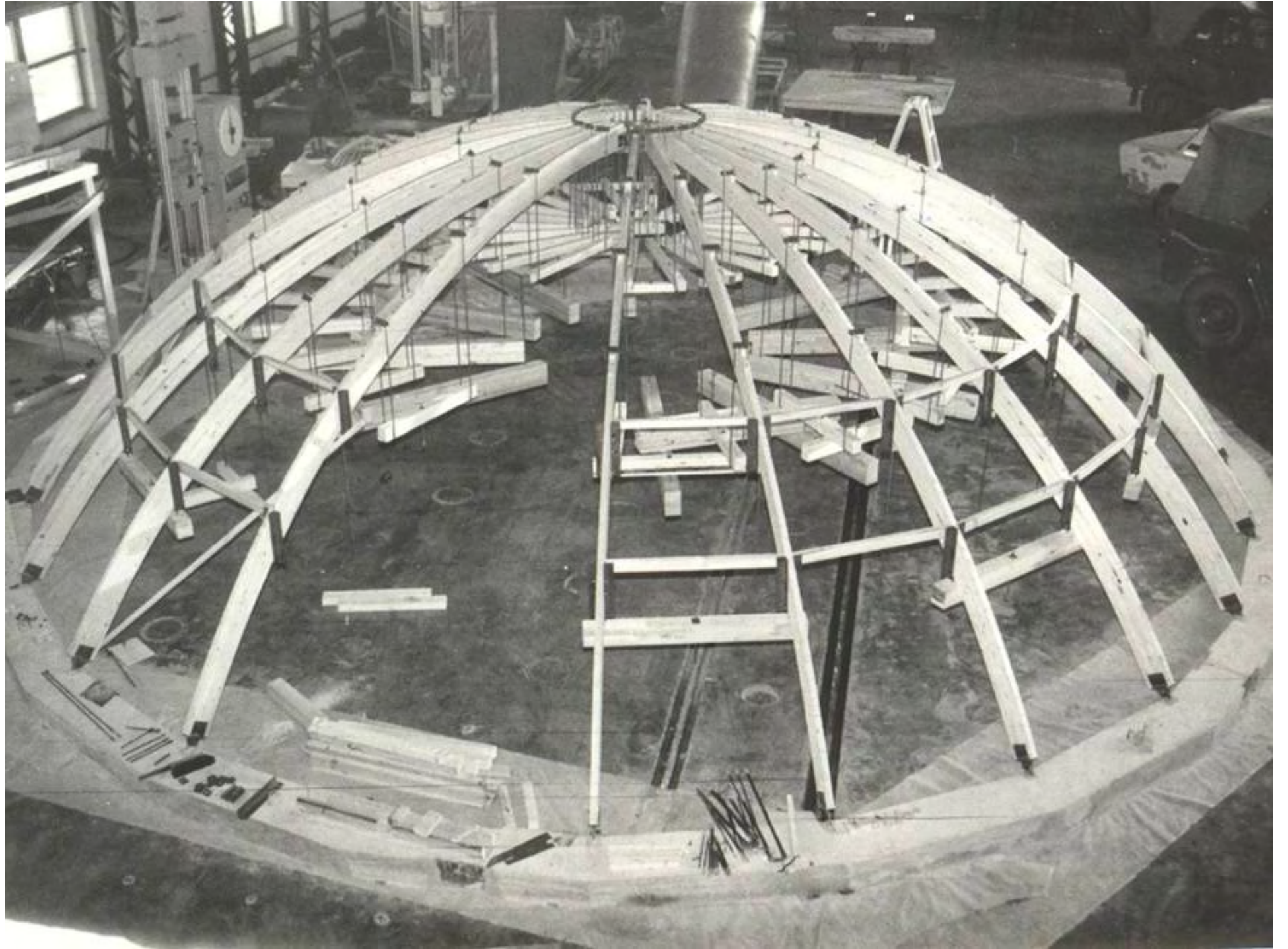


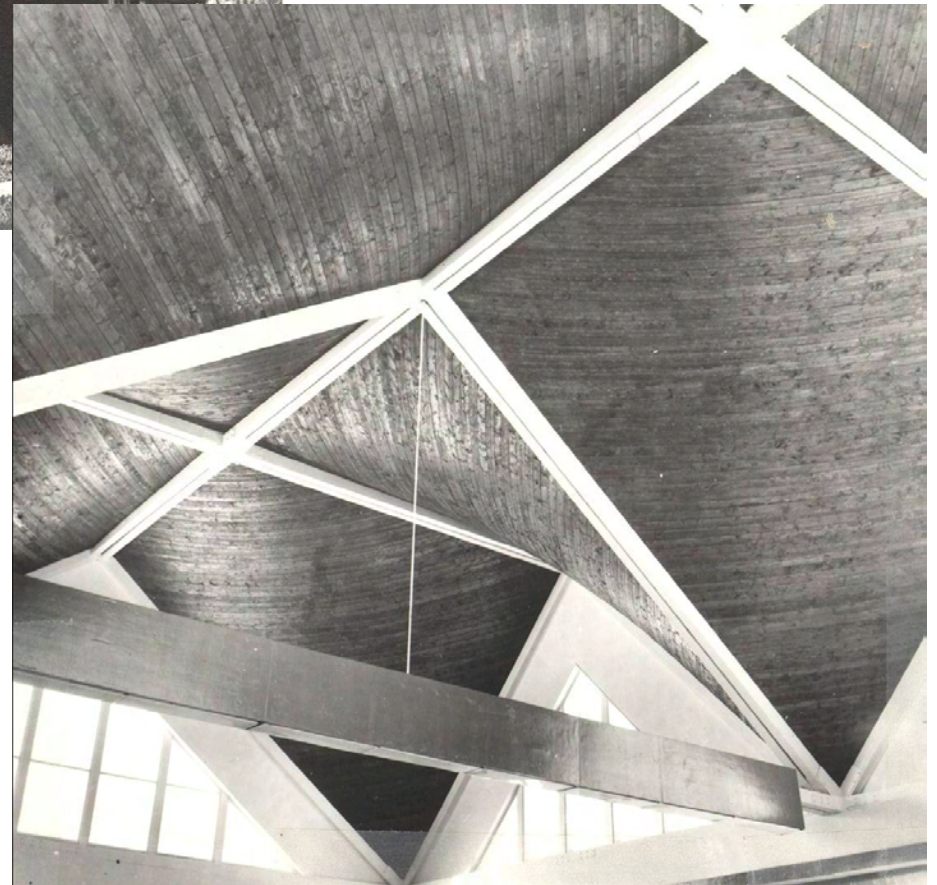
Tarton laululavan pienusmalli





















Vaxholmi jalgteesild



Sildeava: 90 m

Laius: 3 m

Projekteerija: AB Trätec

Ehitaja: AB SIAB

Liimpuit: Martinsons Trä AB

Koormus: 4,0 kN/m²; 80 + 40 kN

Tynset'i maantee-sild



- Kogupikkus 125 m
- Laius 10 m
- Maks. sildeava 70 m
- Ehitusaeg 2001
- Ehitusmaksumus 14.7 MNOK

- Kreosootimmutus

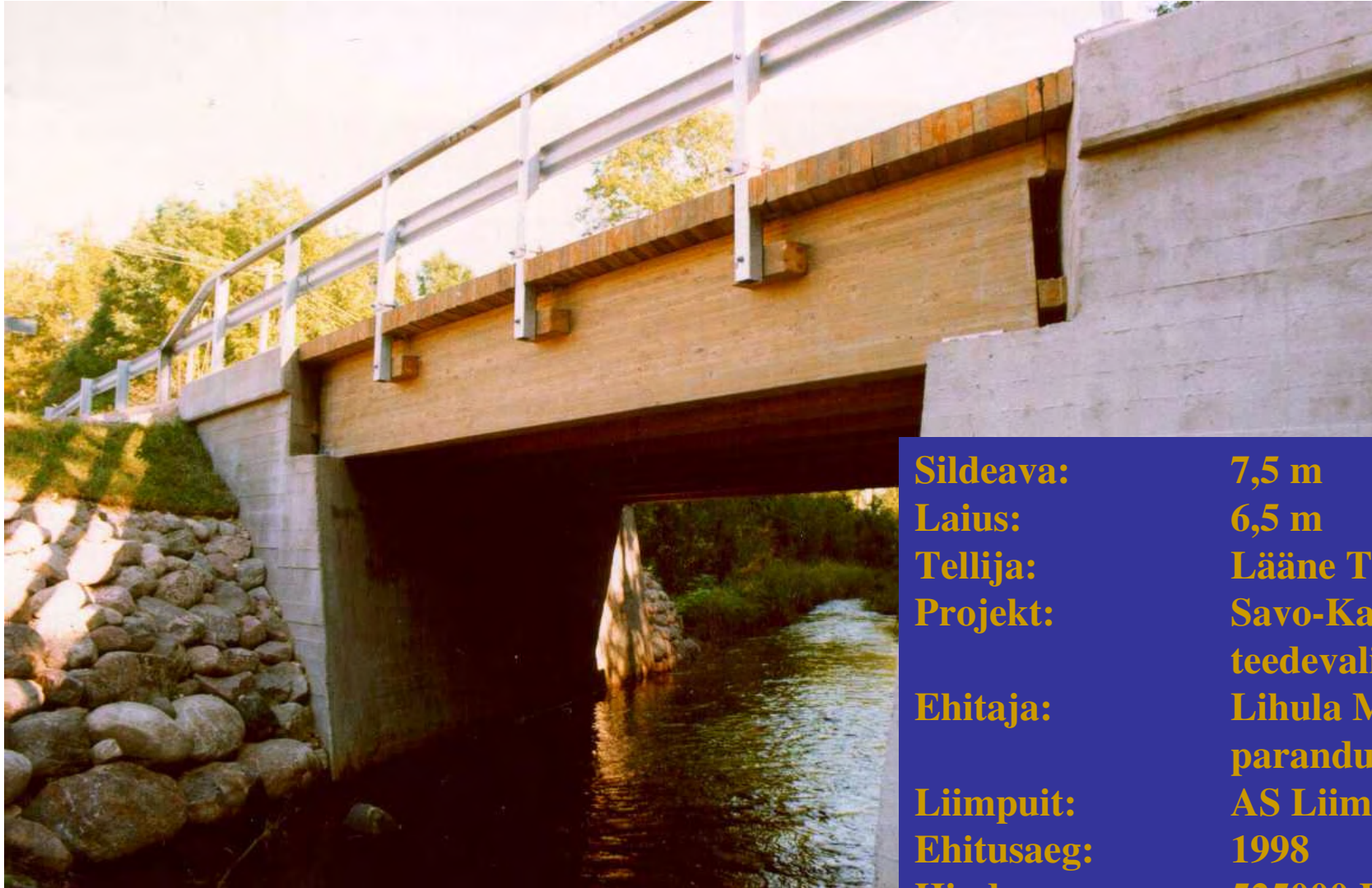








Tagavere sild



Sildeava:	7,5 m
Laius:	6,5 m
Tellija:	Lääne TV
Projekt:	Savo-Karjala teedevalitsus
Ehitaja:	Lihula Maa- parandus
Liimpuit:	AS Liimpuit
Ehitusaeg:	1998
Hind:	525000 EEK

Merirahu jalgteesild

Pikkus: 35,6 m
Sildeava: 24 m
Laius: 3 – 5,5 m

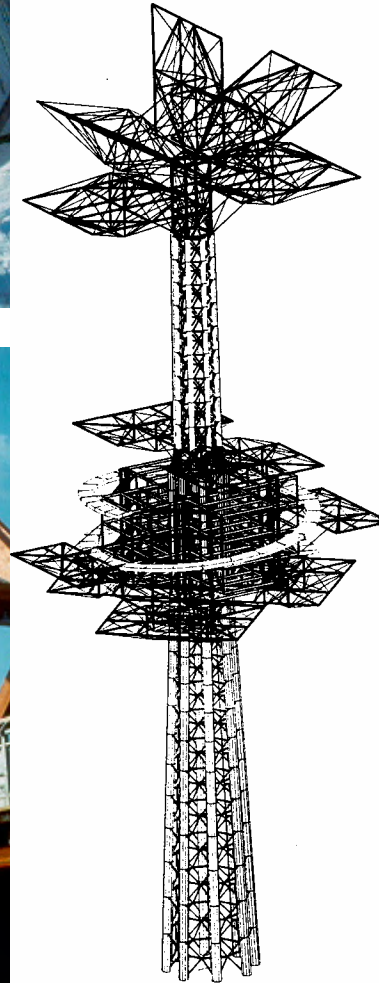
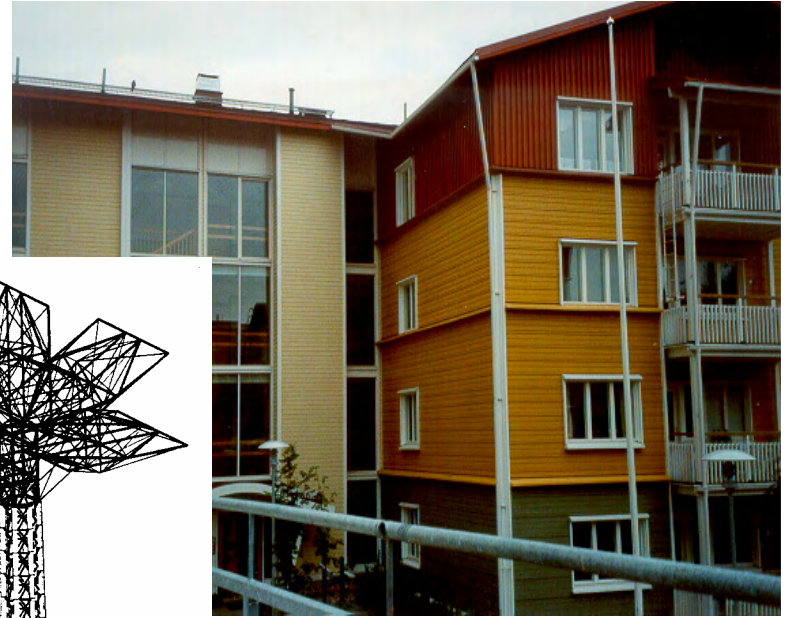
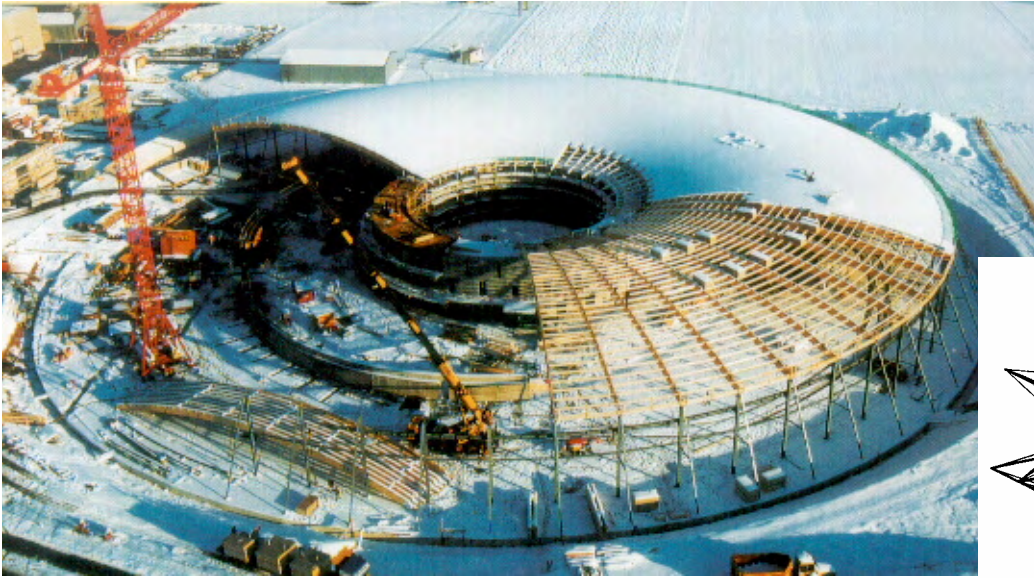


Tellija: AS Hestlinger
Projekteerija: AS Resand
Ehitaja: AS Via Pont
Liimpuit: AS Liimpuit
Koormus: 4,4 kN/m²; 80 + 40 kN

Ehitatud: 2000
Hind: 4,3 milj EEK











Soovitavat literatuuri

1. L. Allikas, Puitkonstruktsioonid, Tallinn, 1985
2. L. Allikas, Plastmasskonstruktsioonid, Tallinn, 1972
3. STEP 1 ja STEP 2, Puurakenteet
4. J. Natterer, T. Herzog, M Volz, Holzbau Atlas Zwei. Institut für internationale Architektur-Dokumentation GmbH, 1991, München
5. O. Büttner, E. Hampe, Bauwerk Tragwerk Tragstruktur Band 2. VEB Verlag für Bauwesen, 1984, Berlin
6. H. Edwin, JR. Gaylord, Charles N. Gaylord, Structural Engineering Handbook. 1990 by McGraw-Hill, Inc.
7. Paavo Tupamäki, Kuoret. Luontosälja
8. EVS-EN 1995-1-1 ja **EVS-EN 1995-1-2, EVS-EN 1995-2**

Soovitavad ajakirjad:

1. Ajakiri "Bauen mit Holz"
2. Ajakiri "Puuinfo", Eesti Metsatööstuse Liit, 2005, 2006, jne.

I Uusimad ehituskonstruktsioonide puit- ja puidupõhjalised materjalid

Ümarpalk

✓ Saematerjal

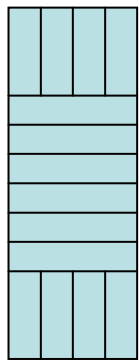
Inseneri(konstruksiooni)puit

Ümarpalk



Saematerjal

Multilamelli-
liimpuit



Comwood



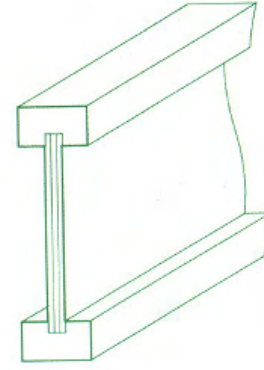
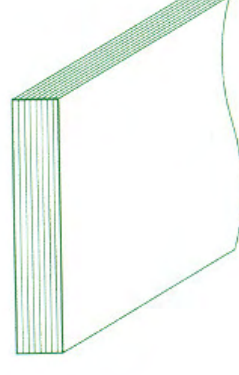
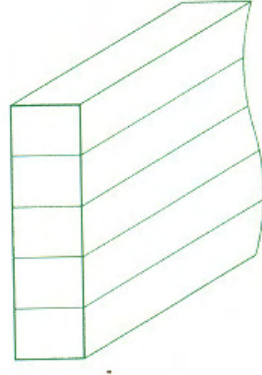
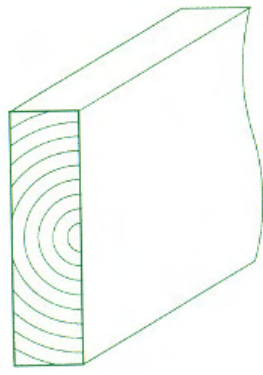
Kertopuu



Parallam

Kuum(thermo)töödeldud puit





TERMOTÖÖDELDUD PUIT

Termopuit on keskkonnasõbralik ja looduslik toode. Tootmisprotsessis kasutatakse ainult kõrget temperatuuri (kuni 220°C) ja veeauru ning puidule ei lisata protsessi käigus võõraid kemikaale. Termopuit ei saasta loodust. Eluea lõppedes võidakse termopuit ilma riskita ära kasutada energiatootmiseks või viia prügimäele.

Omadused

Kuumtöötlus vähendab puidu niiskustasakaalu. Kõrgel temperatuuril (220°C) töödeldud puidu tasakaalustatud niiskus on isegi 40-50 protsenti madalam kui töötlemata puidul. Niiskustasakaalu vähenemise tõttu paraneb kuumtöödeldud puidu mõõtude püsivus oluliselt. Kuumtöödeldud puidul on nii raadiuse- kui ka tangentsuunaline paisumine niiskuse suurenemisel märgatavalt väiksem kui töötlemata puidul.

Mida tuleb arvestada termopuidu kasutamisel

Kuumtöödeldud saetooteid ei soovitata kasutada kandekonstruksioonides. Paindetugevuse nõrgenemist esineb kuusel, mille sumud oksad tulevad küljest koos vaigu eemaldumisega. Tavaliselt termotöötlus siiski oluliselt painde- ning survetugevust ei mõjuta.

Kuna kuumtöötlemine vähendab vee imendumist puidusse, soovitatakse veepõhiseid liime kasutades pikemaid pressimis- ja kõvenemisaegu kui töötlemata puidu puhul. Lisaks soovitatakse kasutada liime, mille veesisaldus on minimaalne.

Ultraviolettkiirgusest tingitud pinna lõhenemist esineb termopuidul vähem kui töötlemata puidul. UV-kiirguse toimel pleegib aga termopuidu algne värv ära. Värvu säilitamiseks tuleb termopuidule teha pinnatöötlus UV-kiirguse eest kaitsvate meetoditega. Õlipõhjalised pinnatötlusained toimivad samuti nagu töötlemata puidule. Veepõhjaliste pinnatötlusainete imendumine on aeglasem, mistõttu soovitatakse pikema kuivamisajaga toodete kasutamist.

Kinnituskruidudele vastupidavus

Vastupidavust kinnituskruidudele mõjutab rohkem puidu tiheduse üldine muutumine kui kuumtöötlus. Lõhenemisohtu suurenemise tõttu soovitatakse kinnituskruidude jaoks augud ette puurida. Kui tihedus on väike, on parema vastupidavuse saavutamiseks soovitatav kruvide jaoks kitsamad augud puurida.

Tavalise haamriga naelutades tuleb olla hoolikas, et löögid tabaksid naelapead ja mitte puitu (lõhenemisoht). Naelad tuleb lüüa piisavalt kaugele tüki otsast või kasutada eelpuurimist. Suruõhuhaamrit kasutades tuleb löögitugevus seadistada selliselt, et naelad tungivad puidusse piisavalt, kuid mitte liiga sügavale.

Termopuidu kasutusvõimalused

Siseruumides: liistud, põrandad, katted, mööbel, tasapinnad, puusepatooted, saunad.

Välitingimustes: väliskatted, uksed, aknad, terrassid, aiamööbel, aia- ja pargirajatised.

Termopuitu ei soovitata siiski kasutada kontaktis maapinnaga, kus on pidevalt niiske.

Erilised kasutusvaldkonnad: muusikariistad, naadiehitus, väikesemad

II Uusimaid pk liited

- ✓ Naelliited (kõikvõimalikud, sh kammnaelad)
- ✓ Naagelliited (pulk, plaat)
- ✓ Ogaplaatliited
- ✓ Naelplaatliited
- ✓ Poltliited
- ✓ Puidu needid
- ✓ Riisad ja klambrid
- ✓ Kruviliited (kruvikeeraja kruvid, võtmega keeratavad kruvid)
- ✓ Konnektorliited (ralvid, rõngas- ja ketas-, hammastüüblid, ...)
- ✓ Haakliited
- ✓ BVD tüüpi liited
- ✓ Liimliited
- ✓

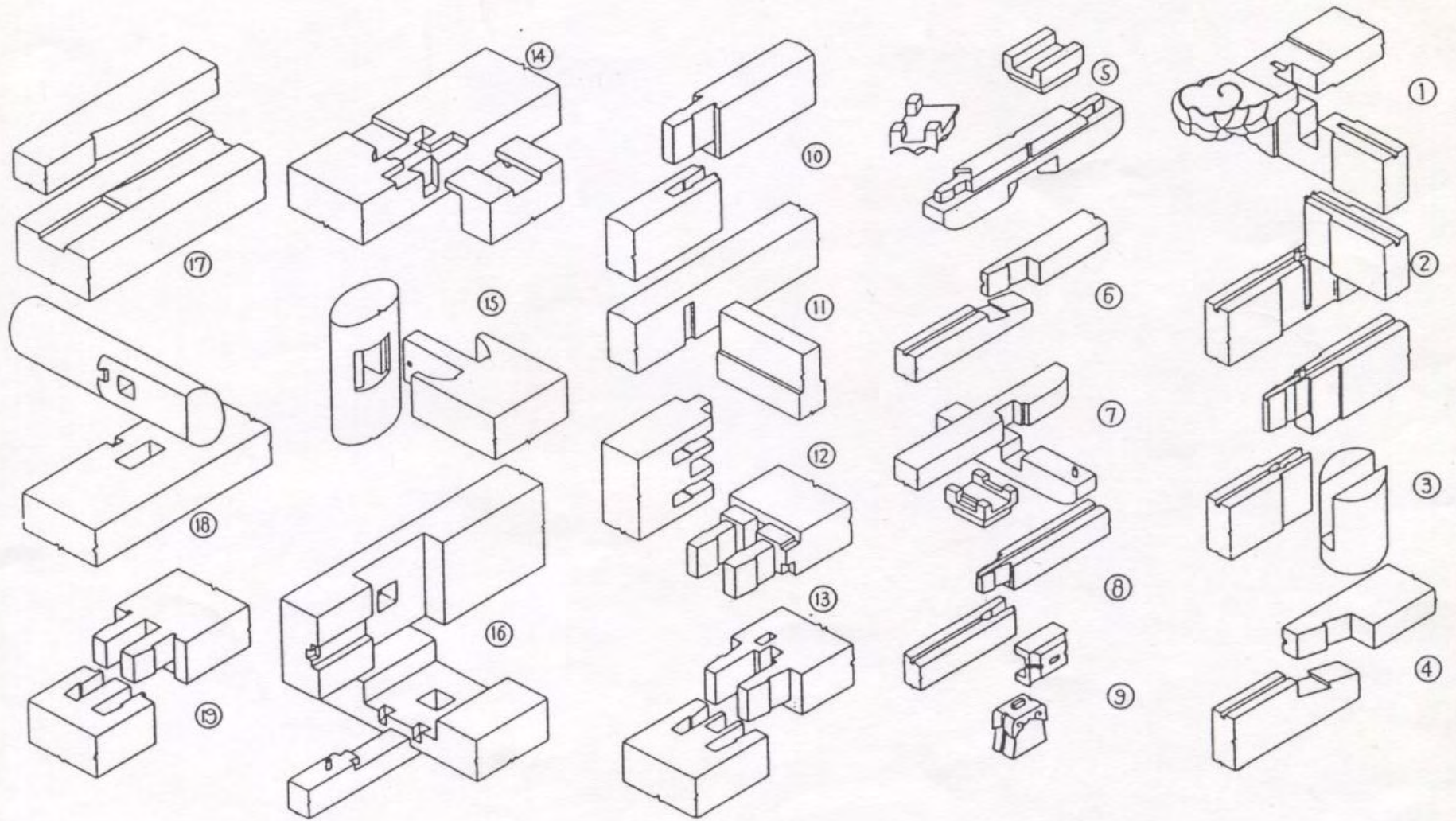
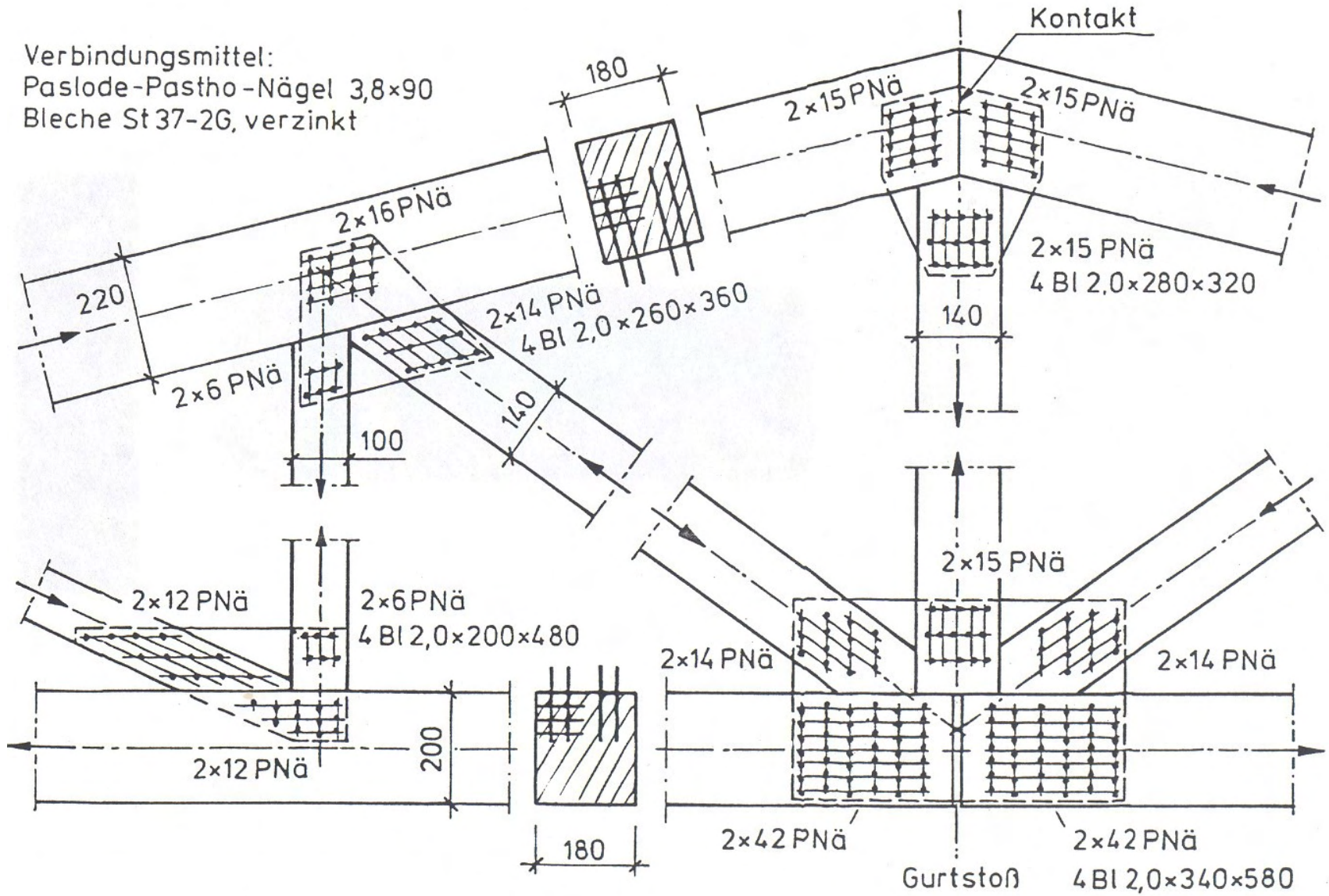
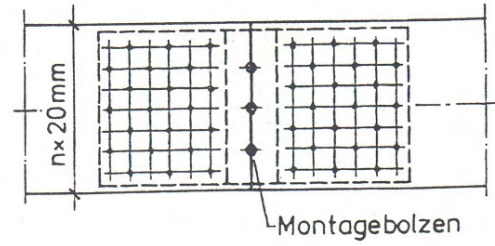
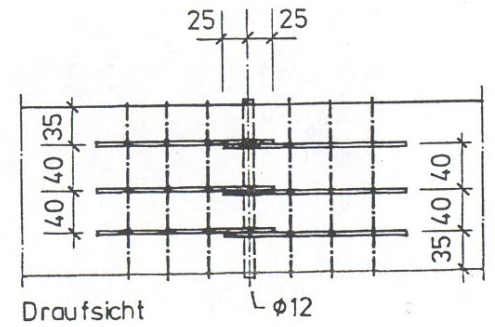
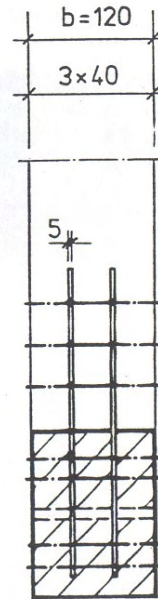
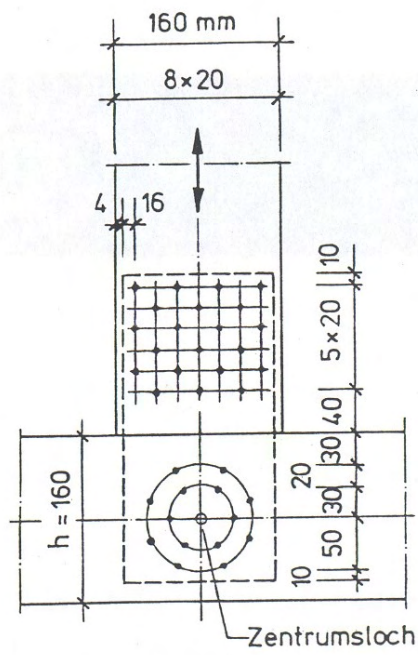
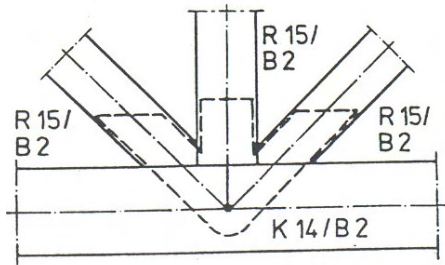


Figure 39
Joints used in Daigo-ji *Nyoirindô*, Kyoto, built in 1606.

Verbindungsmittel:
 Paslode-Pastho-Nägel 3,8×90
 Bleche St 37-2G, verzinkt







Ogaplaatliidete konstrueerimisest ja arvutamisest

Ogaplaatsõrestik ja selle arvutamisest pidi olema juttu juba puitkonstruktsioonide põhikursuses ja liidete kontroll ning nõuded nende sõrestike projekteerimise kohta on üsna põhjalikult esitatud ka Eesti standardid EVS-EN 1-1-5.

Liidete neli purunemise liiki ja need tuleb vastavalt kontrollida:

Teine liik umbes samalaadse toime tõttu on naelplaatliited.

Fermid



Dual Pitch



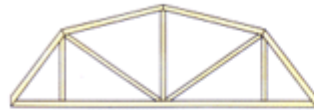
Inverted



Kingpost



Double Fink



Gambrel



Piggyback



Queenpost



Double Howe

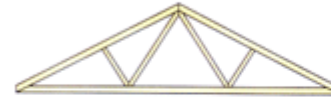
Paneelid



Polynesian



Studio



Fink



Hip



Altic



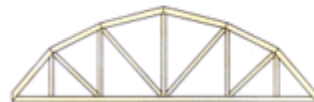
Cathedral



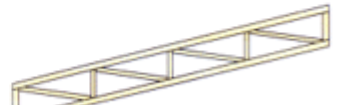
Howe



Scissors



Bowstring



Sloping Flat



Fan



Monopitch



Stub



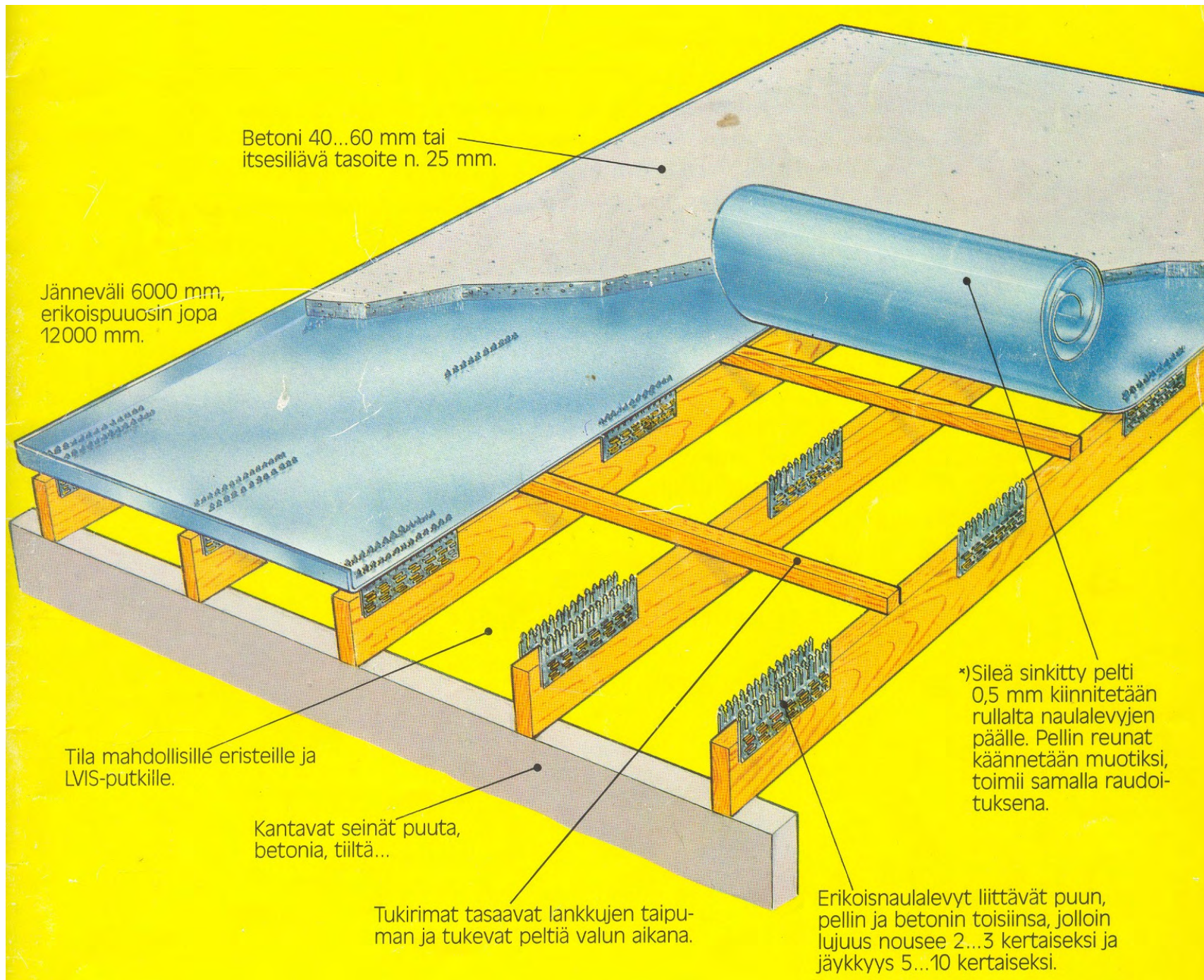
Flat



Modified Queenpost



Cambered



Betoni 40...60 mm tai
itsesiliävä tasoite n. 25 mm.

Jänneväli 6000 mm,
erikoispuuosin jopa
12000 mm.

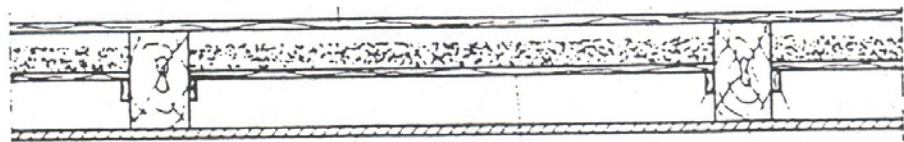
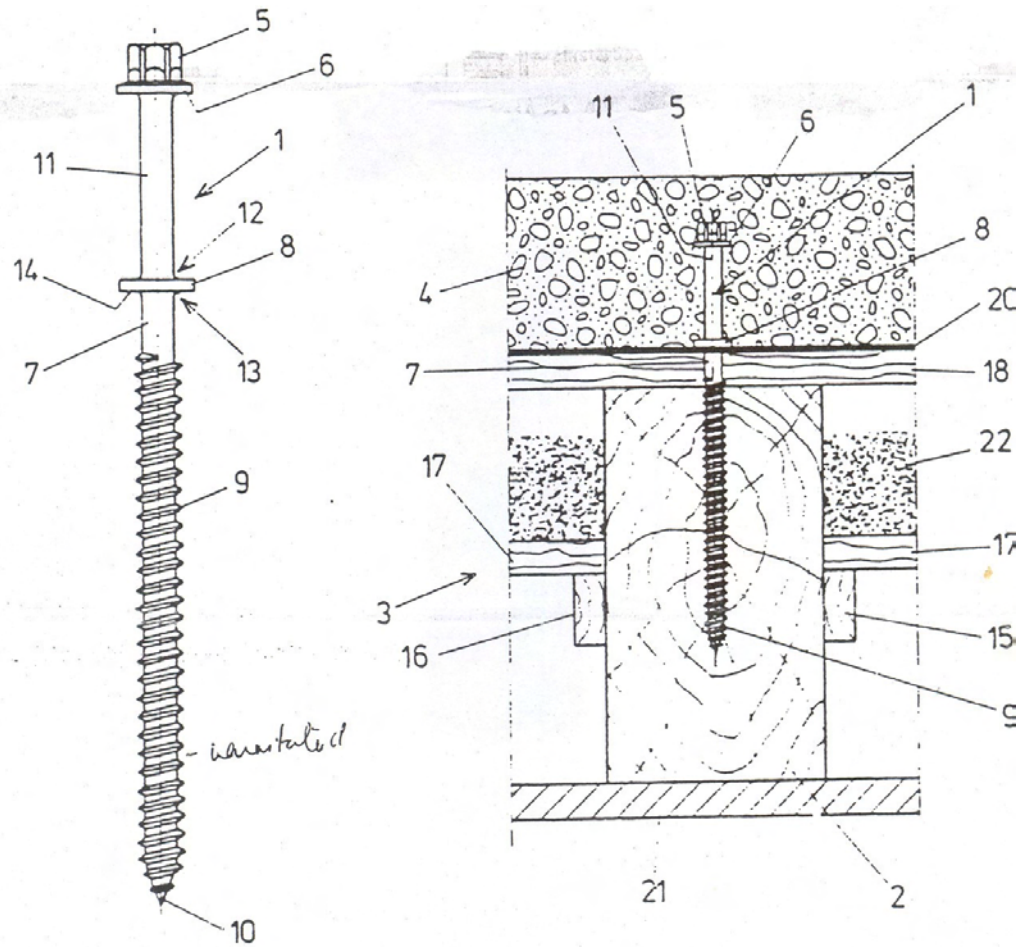
Tila mahdollisille eristeille ja
LVIS-putkille.

Kantavat seinät puuta,
betonia, tiiltä...

Tukirimat tasaavat lankkujen taipu-
man ja tukevat peltiä valun aikana.

Erikoisnaulalevyt liittävät puun,
pellin ja betonin toisiinsa, jolloin
lujuus nousee 2...3 kertaiseksi ja
jäykkyys 5...10 kertaiseksi.

*)Sileä sinkitty pelti
0,5 mm kiinnitetään
rullalta naulalevyjen
päälle. Pellin reunat
käännetään muotiksi,
toimii samalla raudoi-
tuksena.



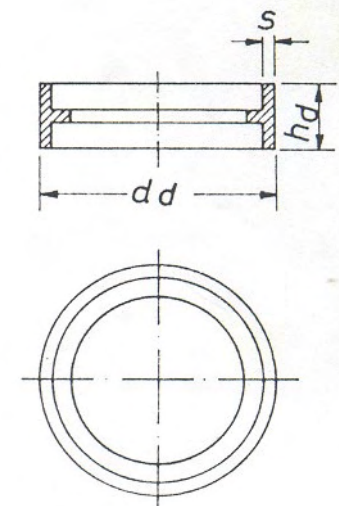
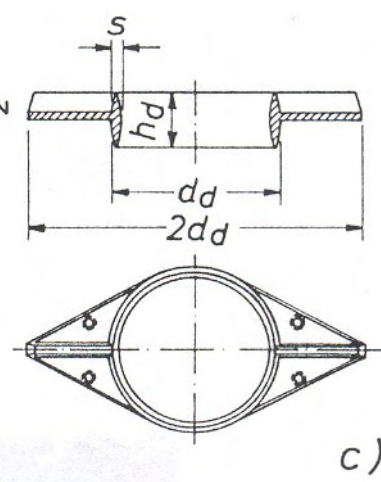
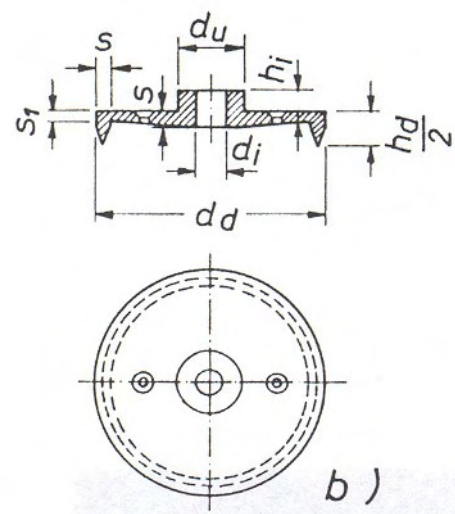
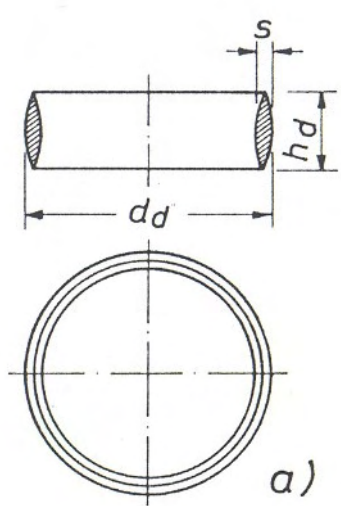


Bild 5.67

Bild 5.68

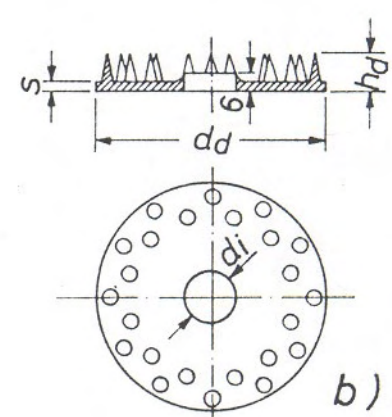
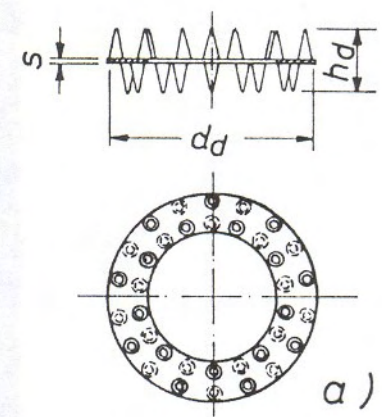
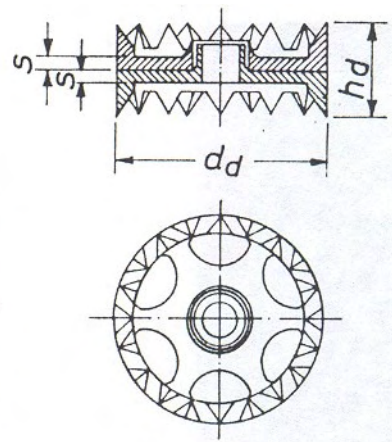
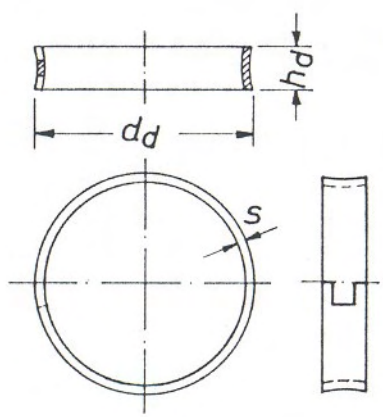
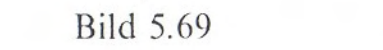


Bild 5.69

Bild 5.70

Bild 5.71



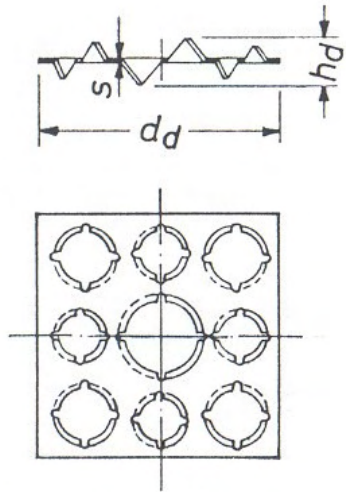


Bild 5.72

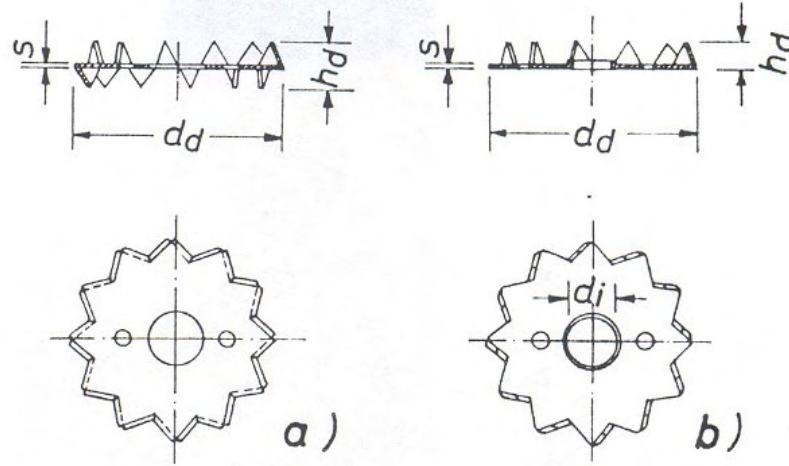


Bild 5.73

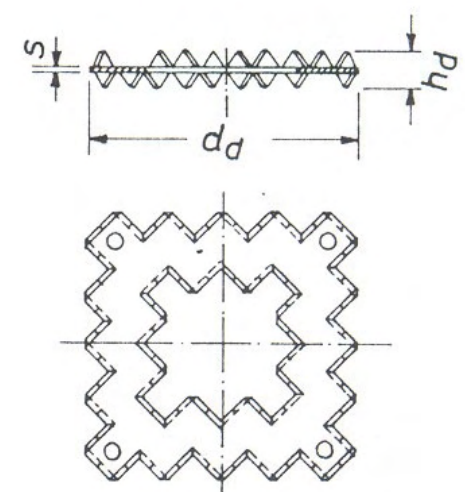
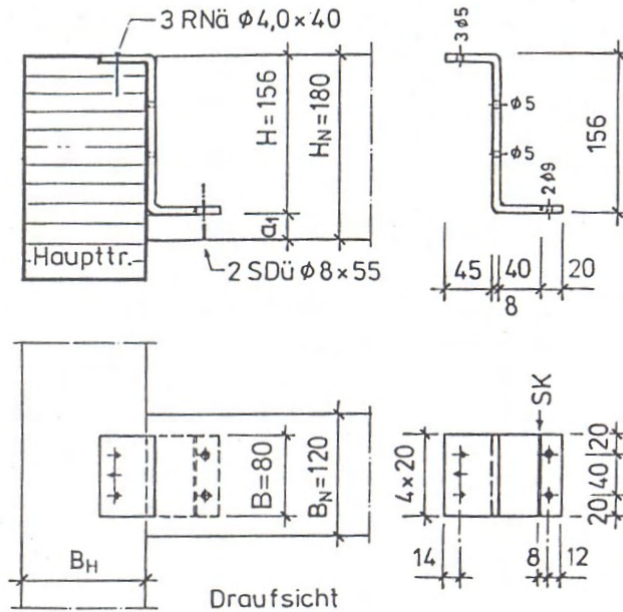


Bild 5.74

Beispiel 4.2.1



Oberkantenbündiger Anschluß eines Deckenbalkens $B_N/H_N = 120/180$ mm aus Nadelholz (Vollholz) an einen BSH-Hauptträger. Die anzuschließende Auflagerkraft im Lastfall H beträgt $Q_N = 5,0$ kN.

gewählt: BOZETT Stahl SK 156,
 Profilbreite $B = 80$ mm,
 2 Stabdübel $\varnothing 8 \times 55$ mm.

Aus Tabelle 4.2.2 ergibt sich für
 $B_N \times H_N = 120 \times 180$ mm und $a_1 = 24$ mm:
 zul $Q_N = 4,46 \cdot 120/100 = 5,35$ kN und
 zul $Q_7 = 6,40 \cdot 80/100 = 5,12$ kN

Tabelle 4.2.1. BOZETT Balken-Z-Profile.
 Typenauswahl, Maße

Profil-Typ	Höhe H (mm)	Breite ¹⁾ B (mm)	Dicke (mm)
SK 136	136		
SK 156	156	60	
SK 176	176	80	8
SK 196	196	100	
SK 216	216		
SK 236	236		

1) Zugehörige Mindestholzbreiten
 für $B = 60$ mm: $B_N = 80$ mm
 für $B = 80$ mm: $B_N = 90$ mm
 für $B = 100$ mm: $B_N = 100$ mm

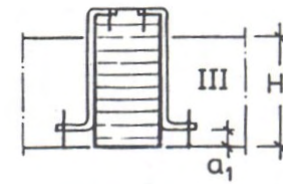
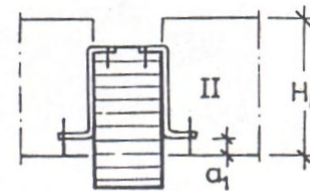
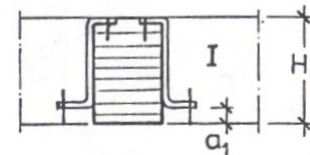
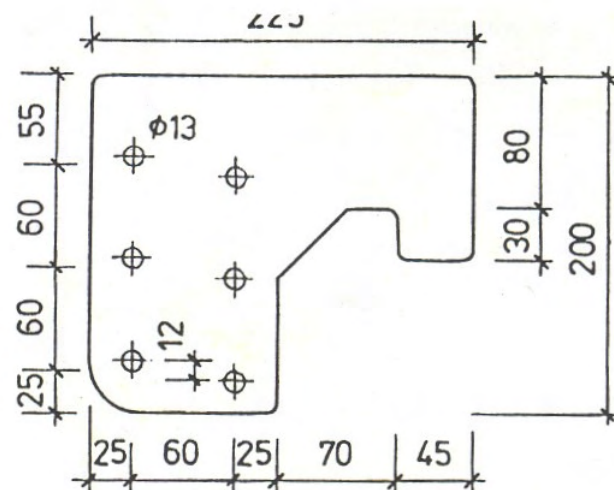
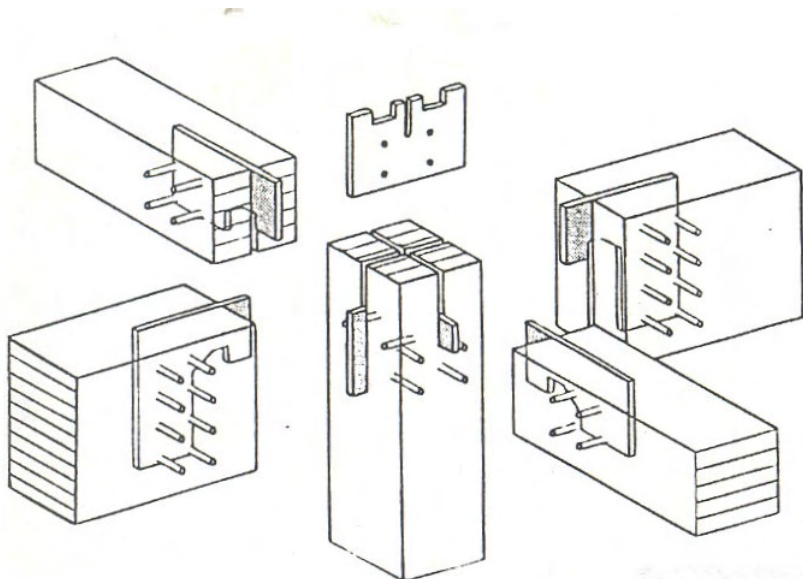
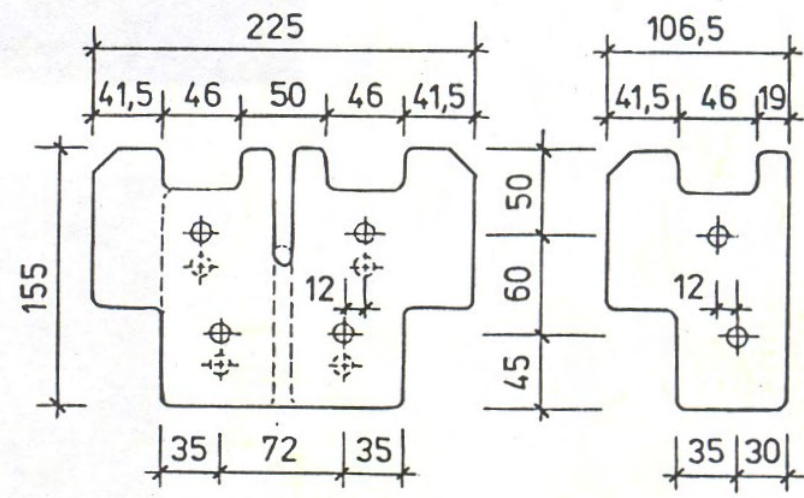
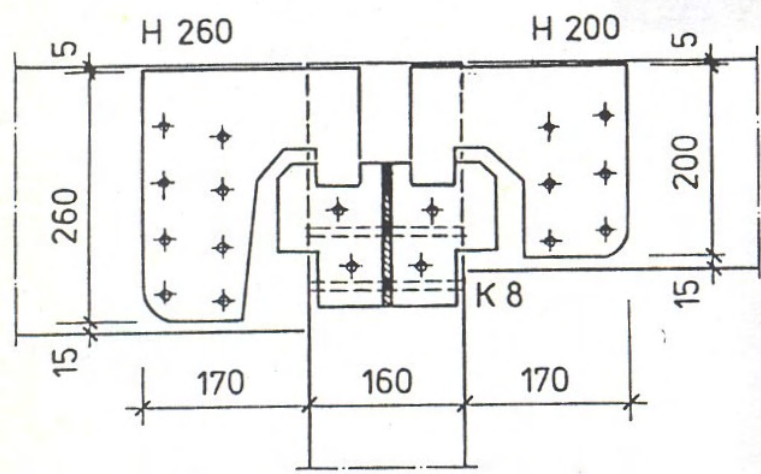


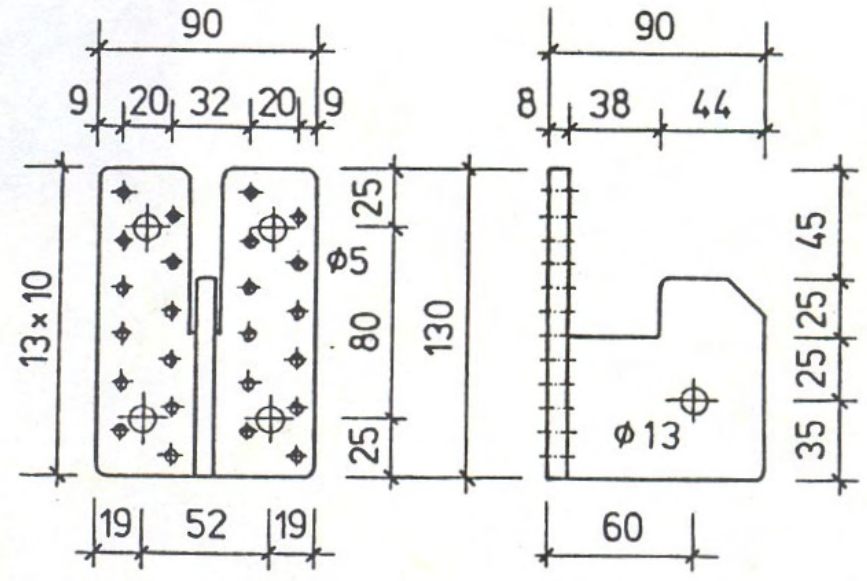
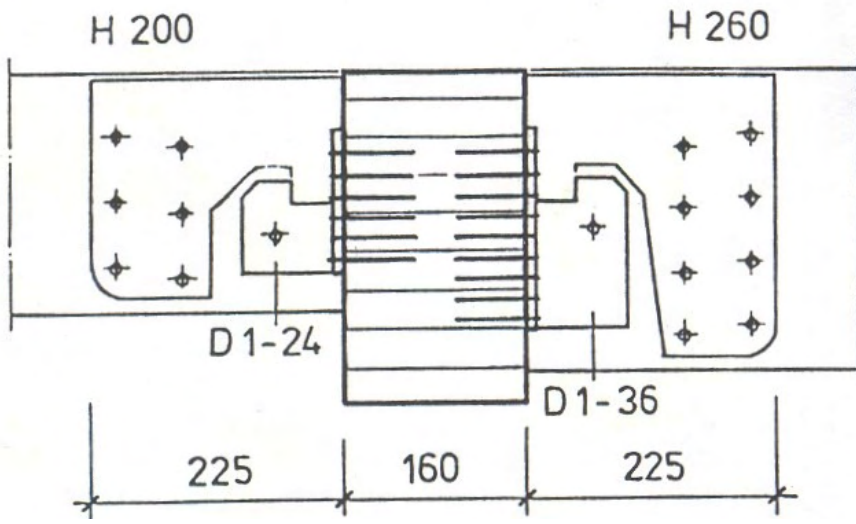
Bild 4.2.1. BOZETT-Anschlußvarianten



JANEBO
Haken-
platten

a) Hakenplatte Typ H 200





BVD-Verbinder

Ein neuer Satz Ankerkörper für Anschlüsse an Hirnholz



- zur Übertragung von Zug- und Druckkräften bis zu 500 kN

- justierbar zum Ausgleich bauüblicher Toleranzen

- standardisiert für rationalisierte Planung

- Wegfall statischer Einzelnachweise

- problemlos in Abbund und Montage

- wenig Einsatz von Maschinen

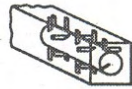
- unabhängig vom Wetter

- auf der Baustelle

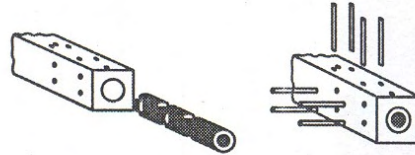
- oder im Werk



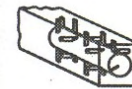
Einbau:



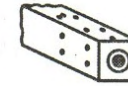
Löcher für Stabdübel, Einfüll- und Entlüftungsloch bohren, Sackfräsung in das Hirnholz



Ankerkörper einlegen Stabdübel setzen, justieren



Verfüllen mit Vergußmörtel

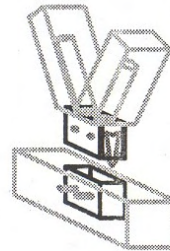


Einbaufertiges Teil

Anschlußbeispiel: Fachwerkdiagonalen an Untergurt



verschweißtes Stahlteil mit Schrauben anschließen



Einsetzen in eine Aussparung im Gurt, justieren



Verfüllen mit Vergußmörtel

BVD-Ankerkörper

Typ	1	2	3	4	5	6
zul. Zugkraft bei opt. Querschnitt [kN] *	45	100	155	190	270	350
zul. Druckkraft bei opt. Querschnitt [kN] *	75	190	260	320	410	500
Ankerkörper: Länge [mm]	185	310	410	510	605	707
Außendurchmesser [mm]	48	58	63	63	68	68
Anzahl der Stabdübel Ø 16 mm	4	8	12	16	20	24
Innengewinde	M 20	M 30	M 30	M 36	M 42	M 42
erf. Holzquerschnitt: min b/h [cm]	10/10	12/12	12/14	12/14	14/16	14/16

* Die allgemeine bauaufsichtliche Zulassung ist beantragt!

Zubehör: Vergußmörtel nach DIN 18551, Einfülltrichter aus PE, Klemmscheiben 35/8 und 45/8 mm.

Information und Bezug durch:

BVD Verbindungsmittel-Vertriebs-GmbH

Nymphenburger Str. 211

80639 München

Telefon: 089 - 1 68 89 72

Fax: 089 - 1 68 89 72

III Armeeritud ja eelpingestatud talad

- ✓ Sisseliimitud profileeritud varrastega armeeritud liimpuittala kandevõimet võib tala sama kõrguse puhul tõsta normaalse armeeringu korral 30-40%. Samas valmistamise töömahukus kasvab küll ligikaudu 10 %. TTÜ ehitusteaduskonnas oleme teinud katseid selliste taladega (valmistatud Põlva liimpuidutehases), mille tõmmatud tsoonis saavutas armatuurteras voolupiiri ilma, et oleks toimunud liimivuugi purunemist või armatuurvarraste nihet tala otstes. Huvitav on märkida, et pärast seda, kui katsetala oli pikka aega (ligi 20 aastat) seisnud juhuslikes ja niisketes kohtades, oli ta ikkagi säilitanud endise kandevõime ja sarrusterase nake ei olnud vähenenud. Selliseid talasid oleks otstarbekohane kasutada kohtades, kus ehituskõrgus on piiratud, kuid samas mõjuvad koormused on suured.



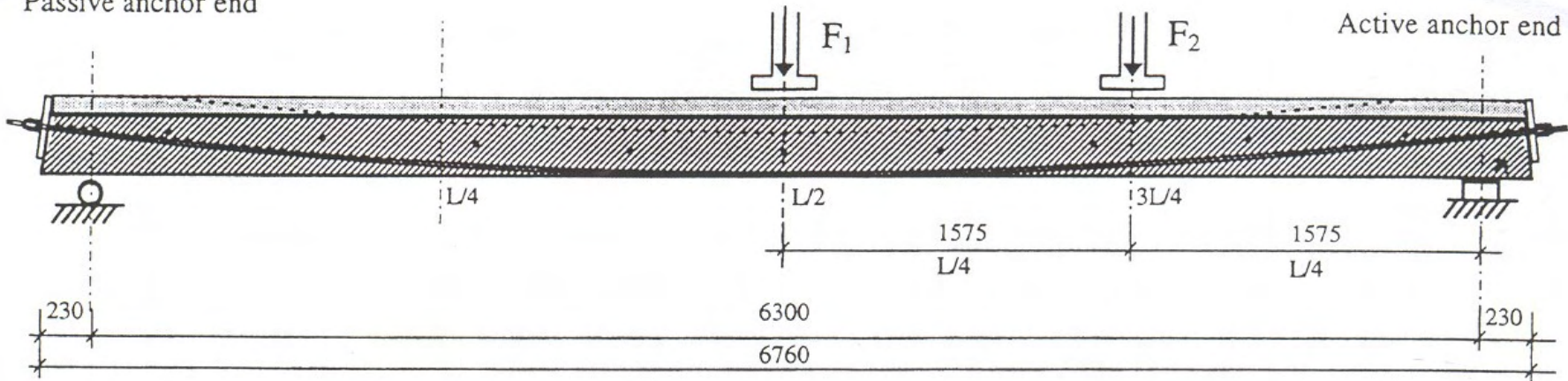
I Armeeritud ja eelpingestatud talad

- ✓ Eelpingestatud liimpuidust liittala kandevõime ja jäikus kasvavad oluliselt. Samas tuleb tunnistada, et TTÜ-s läbiviidud katsetes, kus oli samuti tegu liimpuittala paraboolsesse kanalisse paigaldatud eelpingestusvardaga, ei saadud oodatud tulemusi. Üks põhjus on selles, et sellise varda pingestamisel tala otstest varda eelpingejõud tala keskel hõõrde tõttu oluliselt kahaneb (kuni 3 korda), kui see varras või tross ei ole just plastiktorus ja õli sees. Teine negatiivne asjaolu on see, et kui eelpinge jõudu ehitises järelpingestamisega ei korrigeerita, siis kaob puidu järeldeformatsioonide (roome) tõttu märkimisväärne osa (30...50 %) eelpinge efektist.



Passive anchor end

Active anchor end



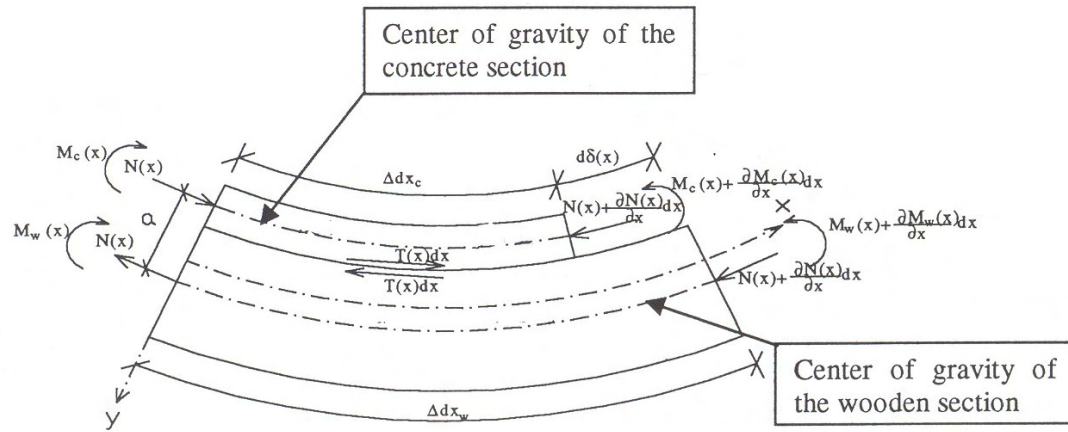


Figure 2. Notations used when discussing a composite girder having an elastic connector joint.

In the case of a uniformly loaded simple girder bridge having constant stiffness and span l (Fig. 3), the horizontal shear force T acting on the level of connectors and the internal normal force N at a distance equal to x from the support, are obtained from equations [2]

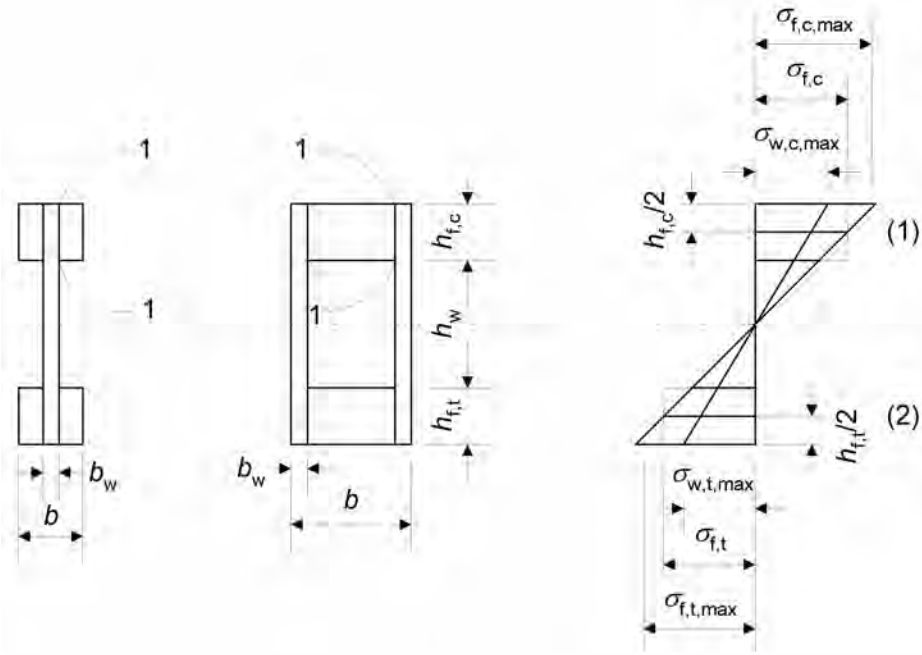
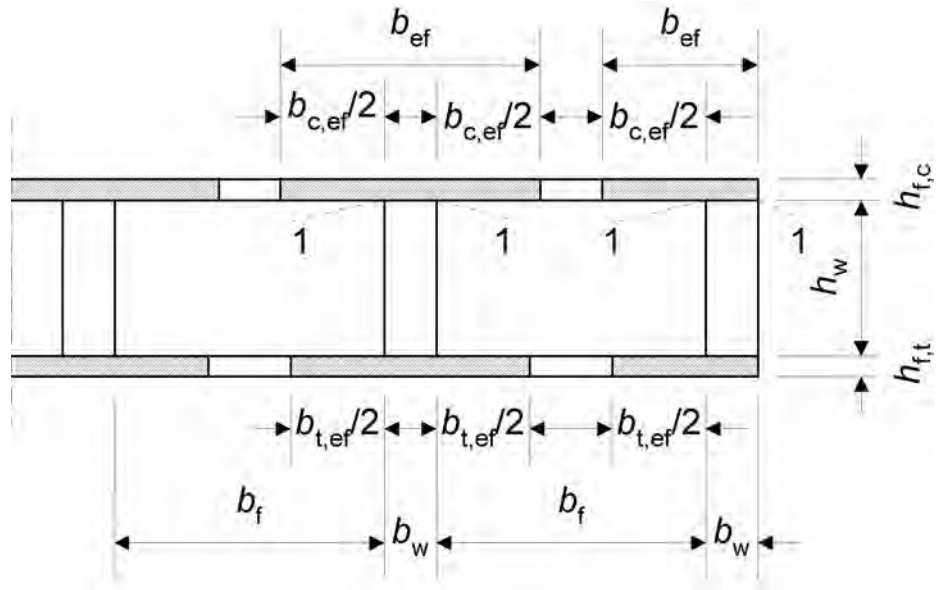
$$\left\{ \begin{array}{l} T = T_o \left[1 - \frac{\sinh \omega \left(\frac{l}{2} - x \right)}{\omega \left(\frac{l}{2} - x \right) \cosh \frac{\omega l}{2}} \right] \\ N = N_o \left\{ 1 - \frac{2}{\omega^2 x(l-x)} \left[1 - \frac{\cosh \omega \left(\frac{l}{2} - x \right)}{\cosh \frac{\omega l}{2}} \right] \right\} \end{array} \right\} \quad (15)$$

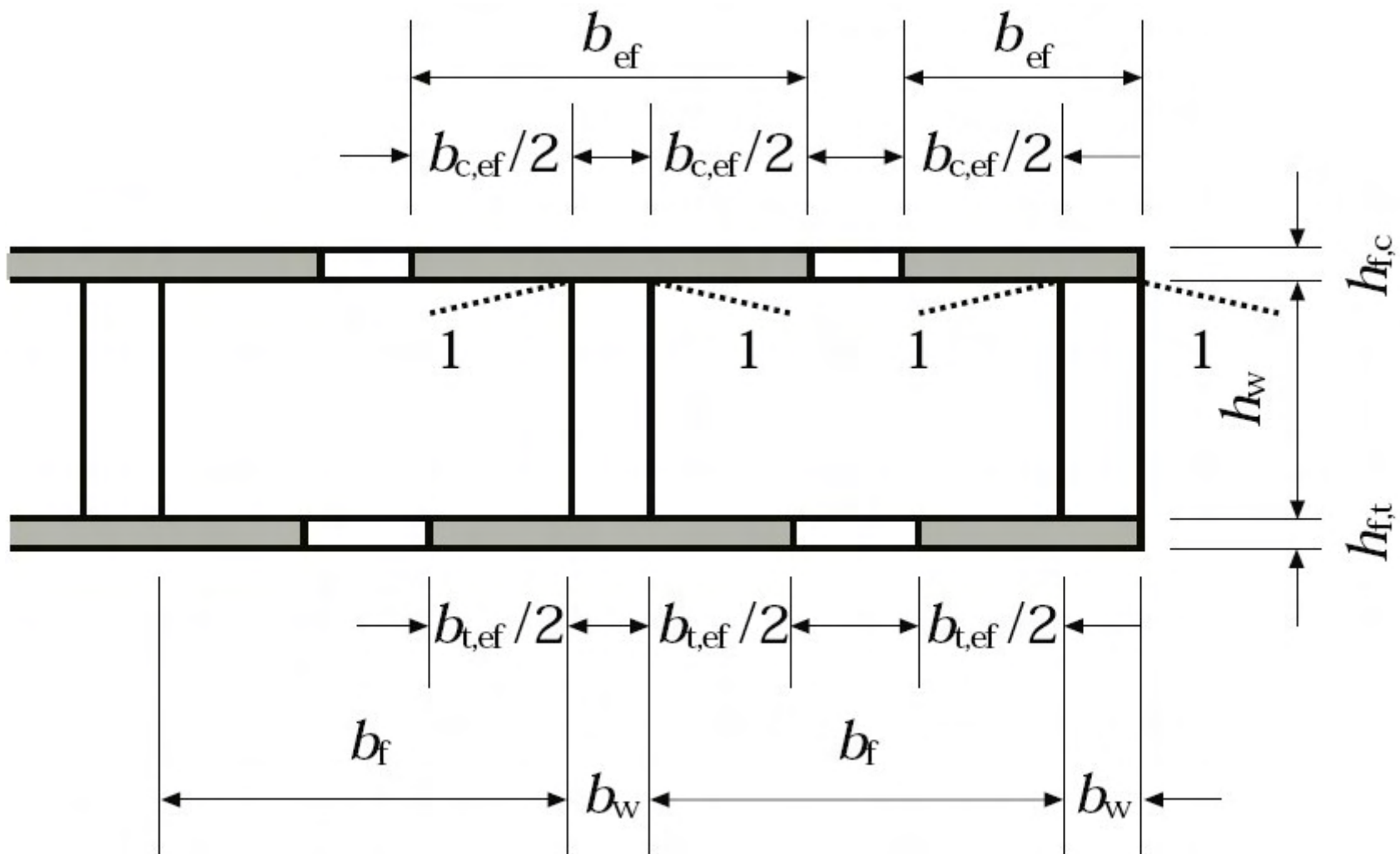
IV Komposiitkonstruktsioonid

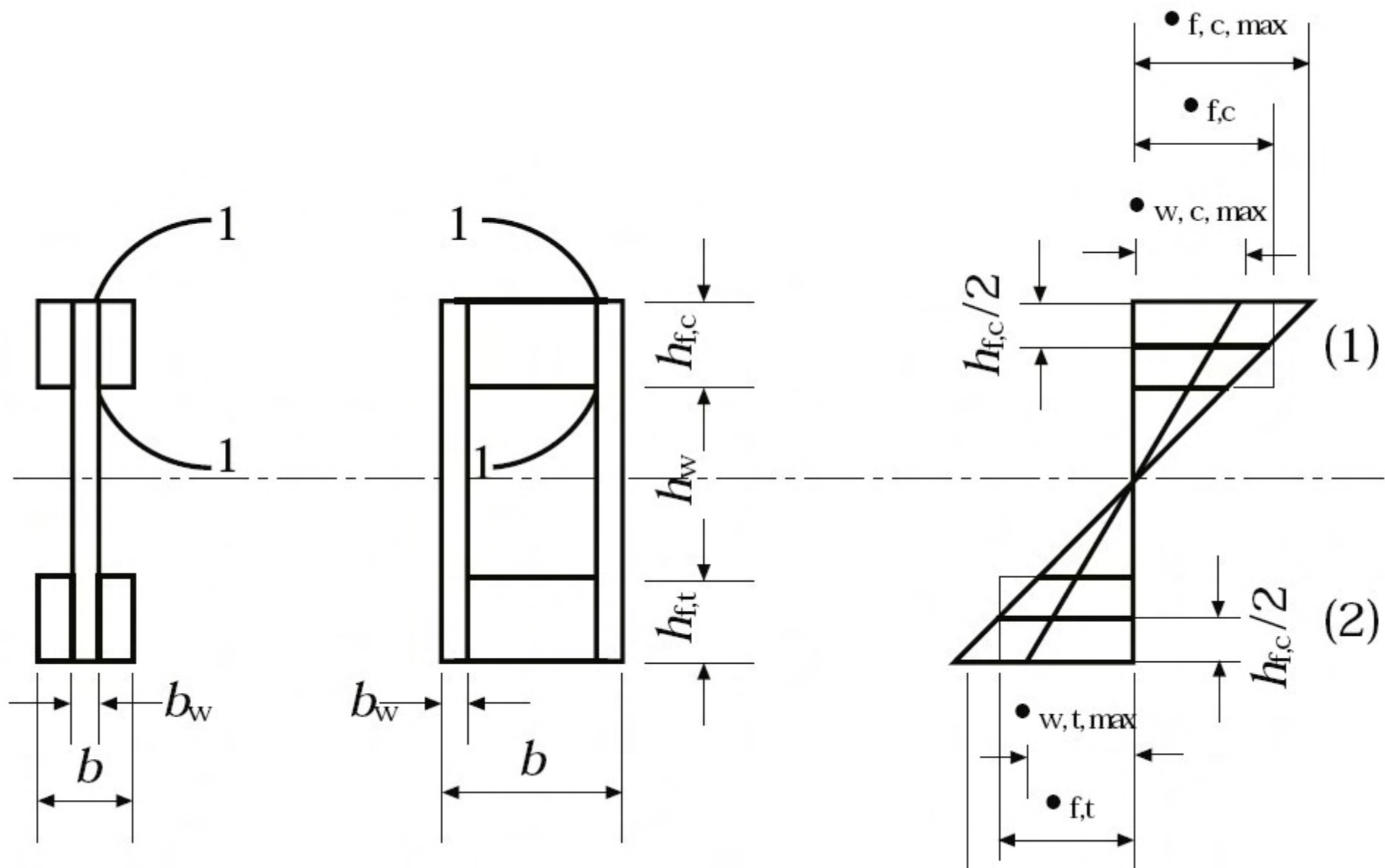
- ✓ Viimastel kümnenditel on saavutatud märkimisväärseis tulemusi komposiitmaterjalide ja komposiitkonstruktsioonide valmistamisel ja nende kasutamisel ehituses. Seoses sellega on muutunud mitmes mõttes ka traditsioonilised projekteerimise põhimõtted. Kasutan siinjuures komposiitkonstruktsiooni mõistet teataval määral ebalevalt, kuna ka literatuuris ei ole asi päris selgelt ja üheselt välja kujunenud. Võiks vaadelda kahte suunda:
 - esiteks komposiitmaterjalid (süsinikkiu, klaaskiu, aramiidi või Kevlari baasil), neist valmistatud üksiktooted (komponendid nagu torud, profiilid, plaadid) ja lõpuks puhtalt komposiitmaterjalidest elementidest tehtud kompleksed konstruktsioonid;
 - teiseks konstruktsioonelemendid - komposiitsüsteemid, mis koosnevad erinevatest materjalidest (metall, betoon, puit, ka komposiitmaterjalid) valmistatud osadest, mis töötavad koos nii, et erinevatest materjalidest tehtud osad koormuse all töötades ei domineeri üksteise üle.

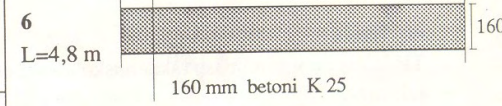
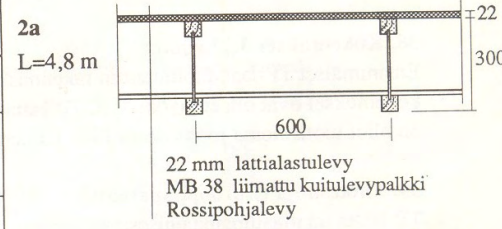
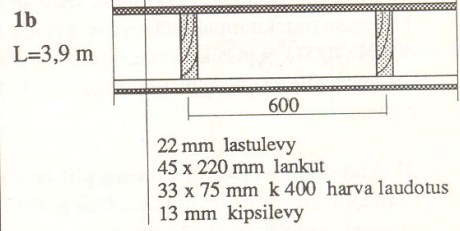
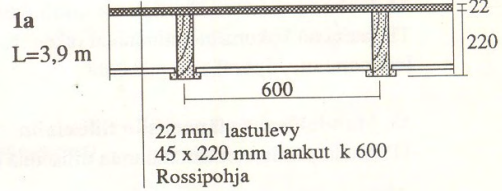
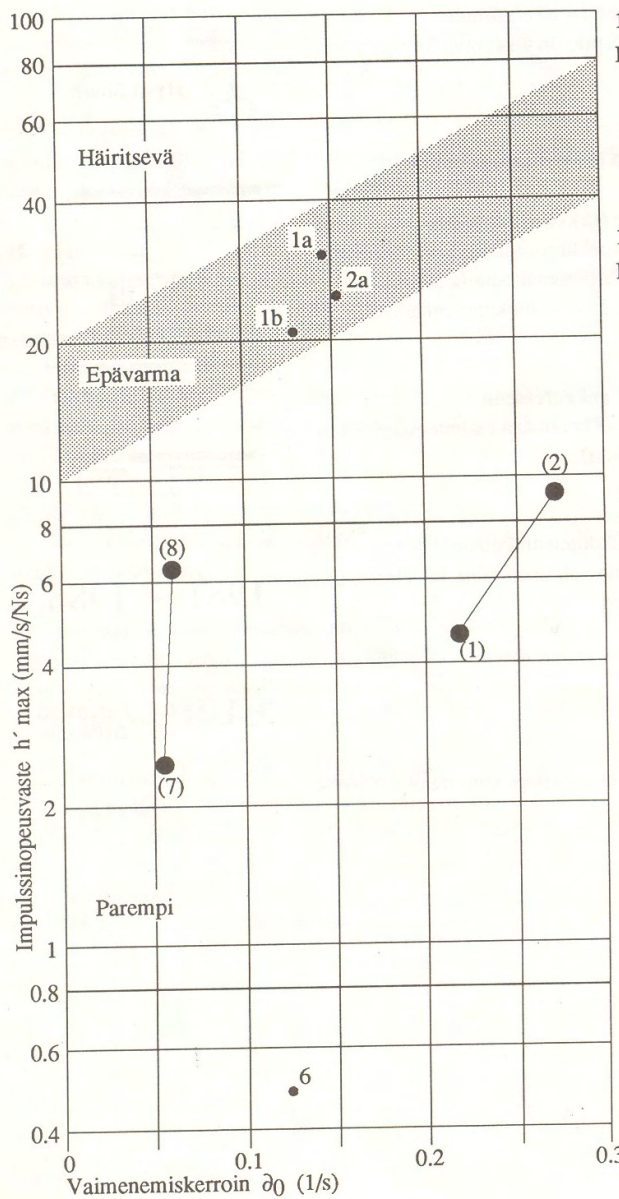
IV Komposiitkonstruktsioonid

- ✓ Üldiselt konstruktsioonid, kus kasutatakse armeeringuvardaid ei klassifitseerita komposiitkonstruktsioonide hulka, ehkki materjalid selles töötavad komposiidi moel. Ka betoonist põrandaplaadid teraskonstruktsioonis-karkassis ei tööta tavaliselt koos selle karkassiga ja seega ei määra kogu konstruktsiooni klassifikatsiooni.
- ✓ Käesolevas üritan põgusalt analüüsida puidust ja puidupõhjalistest elementidest ning teistest materjalidest nagu plastik, betoon/raudbetoon või teras, omavahel liidetud ja koormuse kandmisel koos töötavate (näiteks terasega sarrustatud puittalad) komposiitkonstruktsioonide valmistamise ja kasutamise võimalusi.
- ✓ Tavaliselt on sellised konstruktsioonid koostatud nii, et iga materjal töötab just temale soodsamal-otstarbekamal viisil. Teine eesmärk on saada lõppkokkuvõttes ühes või teises mõttes efektiivsem (materjalikulu, maksumus, ...) lahendus.



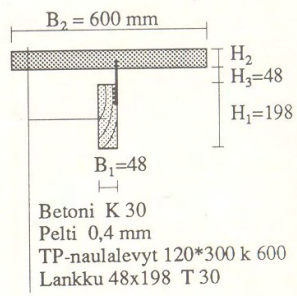


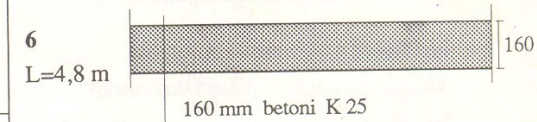
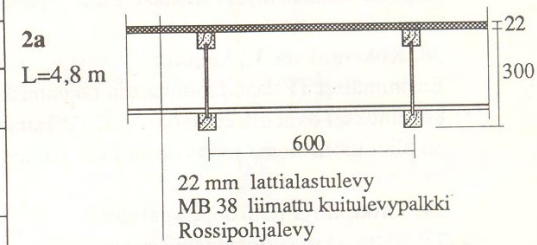
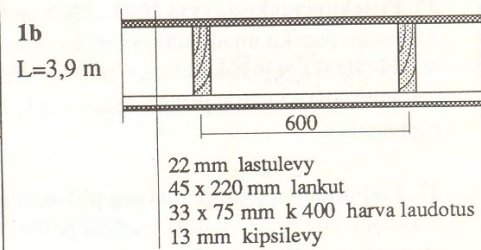
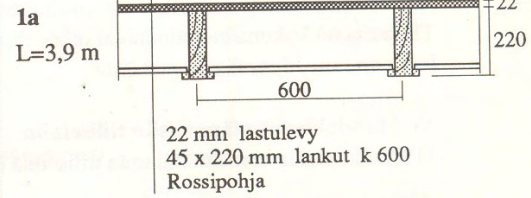
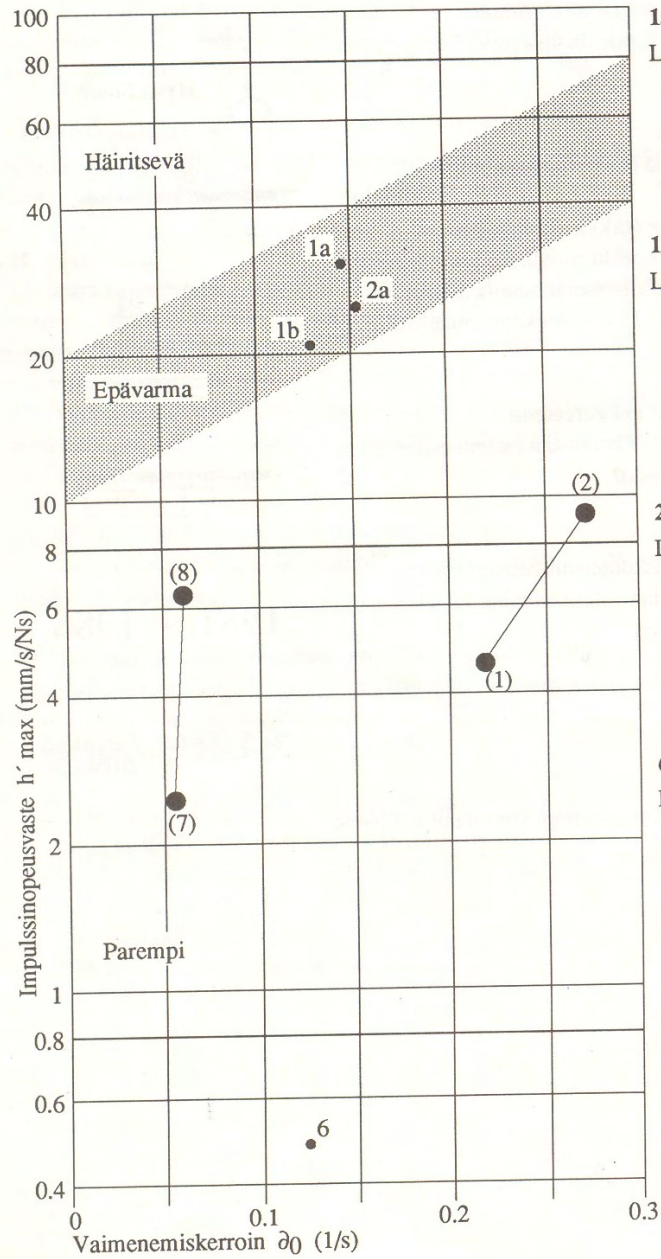




TP-LAATTA

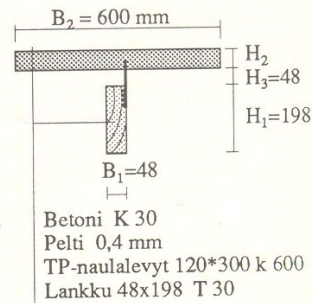
	L (mm)	H ₂ (mm)
(1)	3000	50
(2)	3000	25
(7)	6000	50
(8)	6000	25

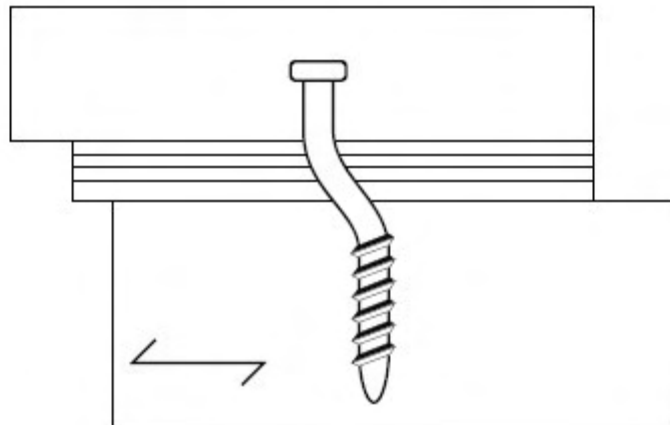
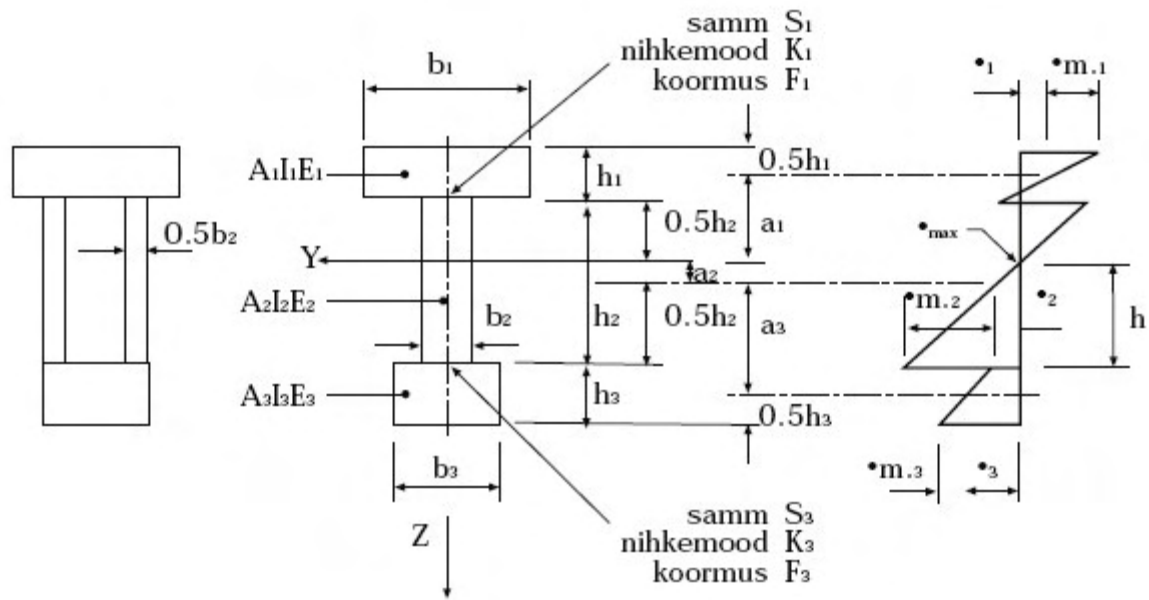


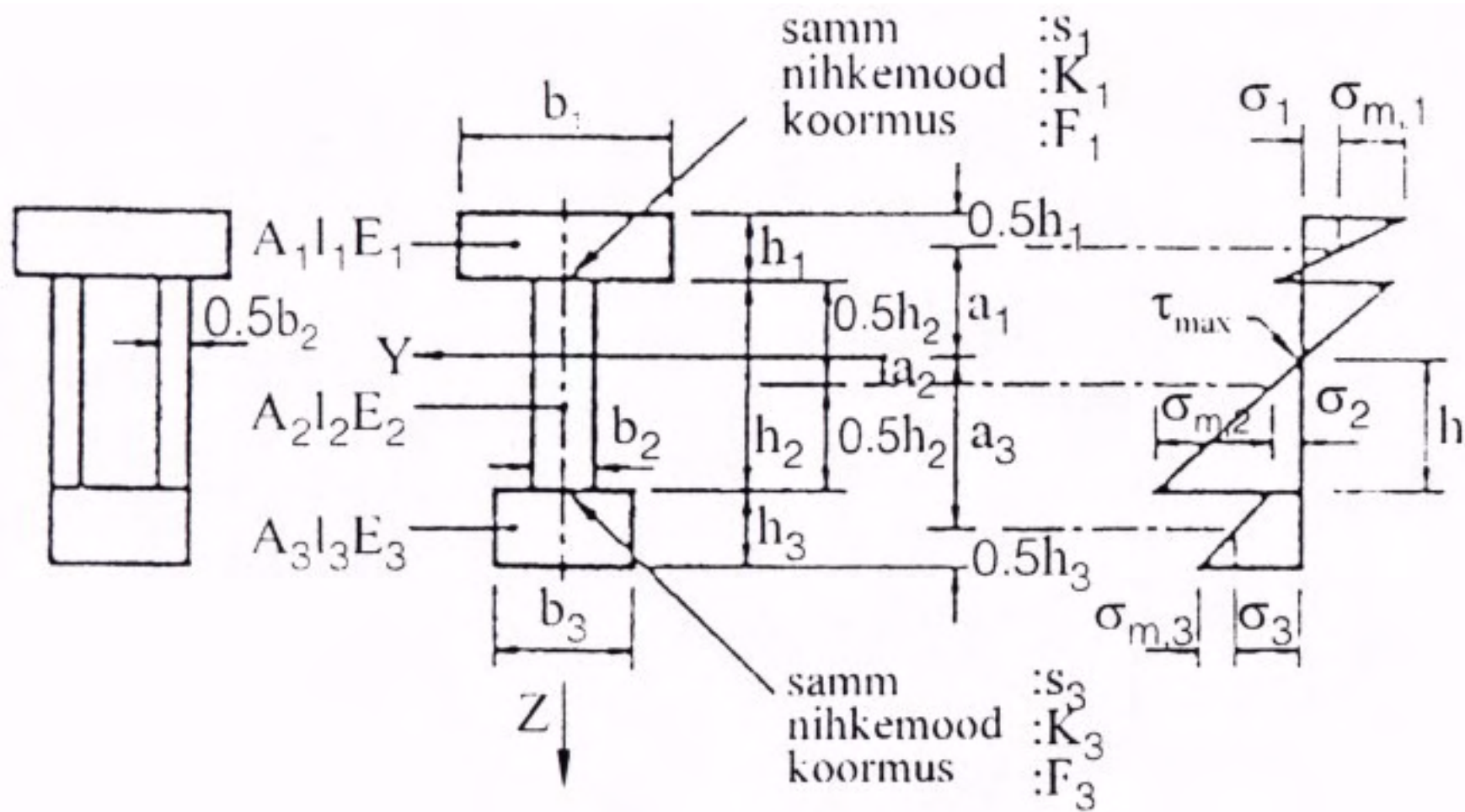


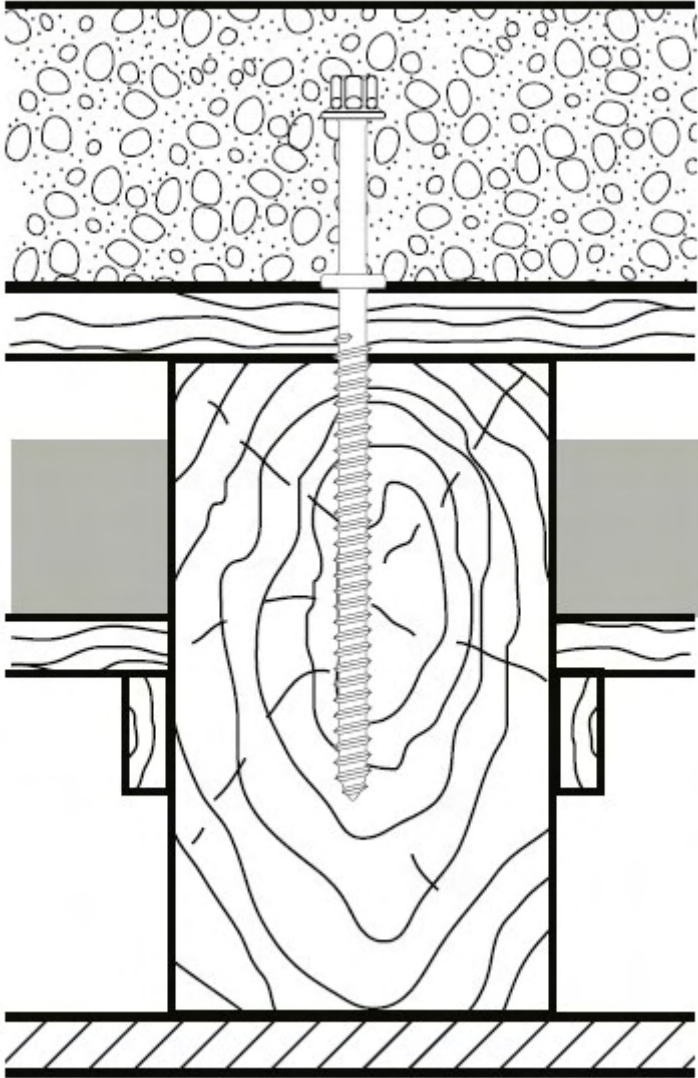
TP-LAATTA

	L (mm)	H ₂ (mm)
(1)	3000	50
(2)	3000	25
(7)	6000	50
(8)	6000	25









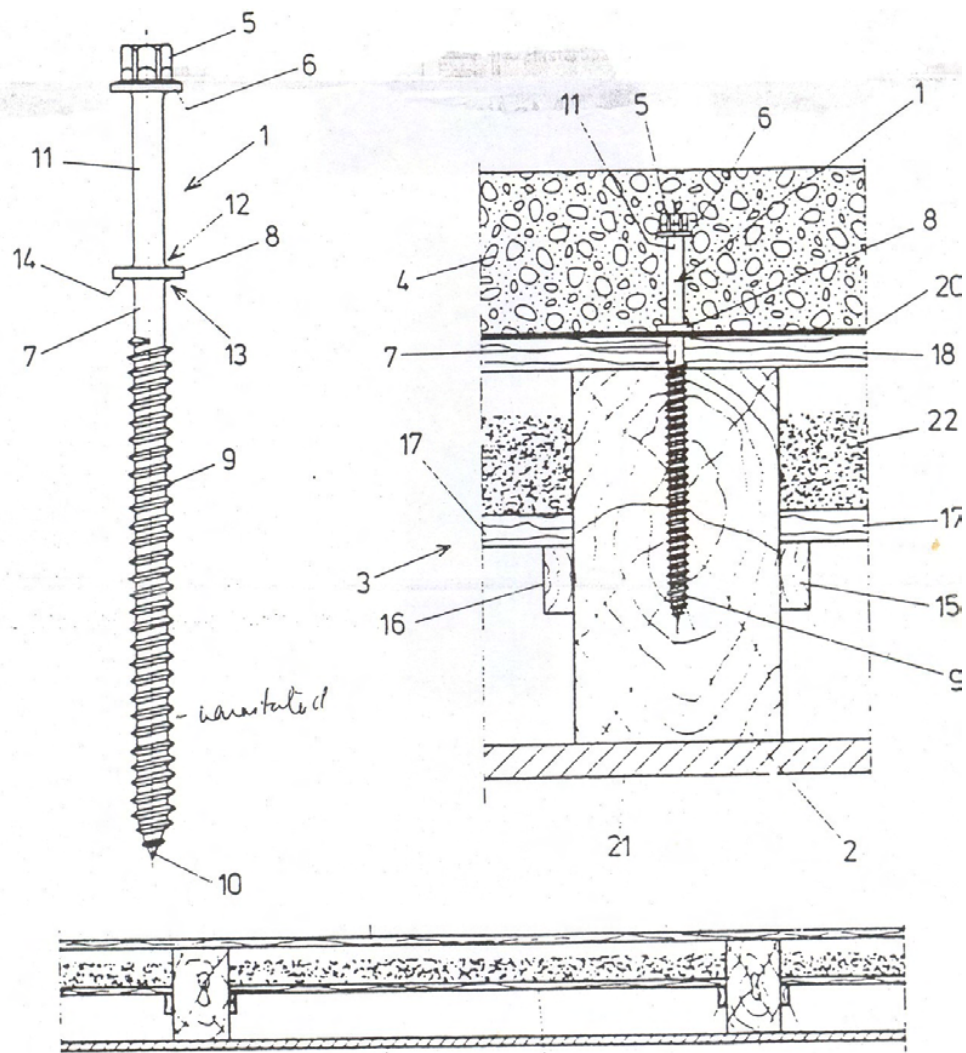


Fig. 6

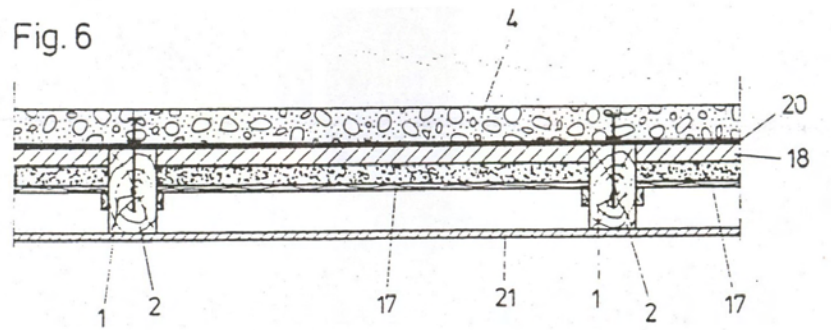
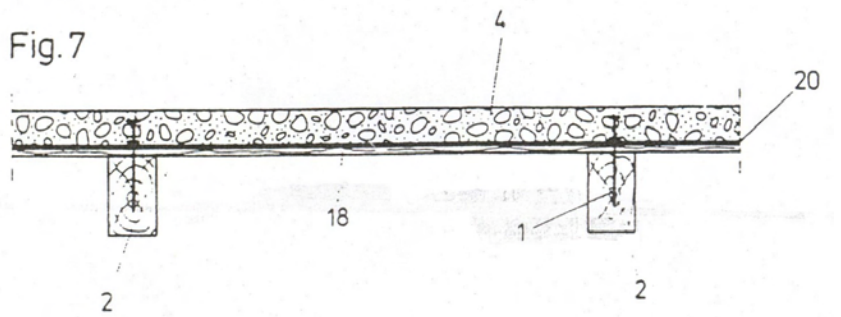
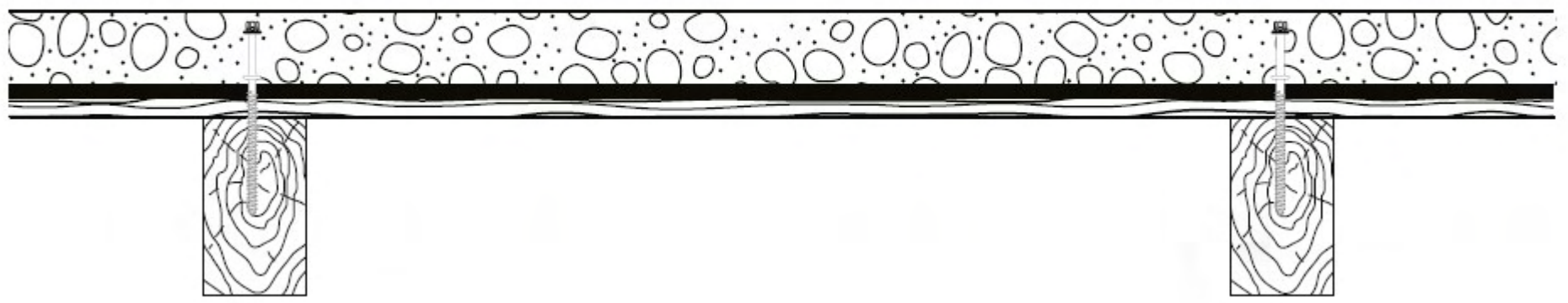
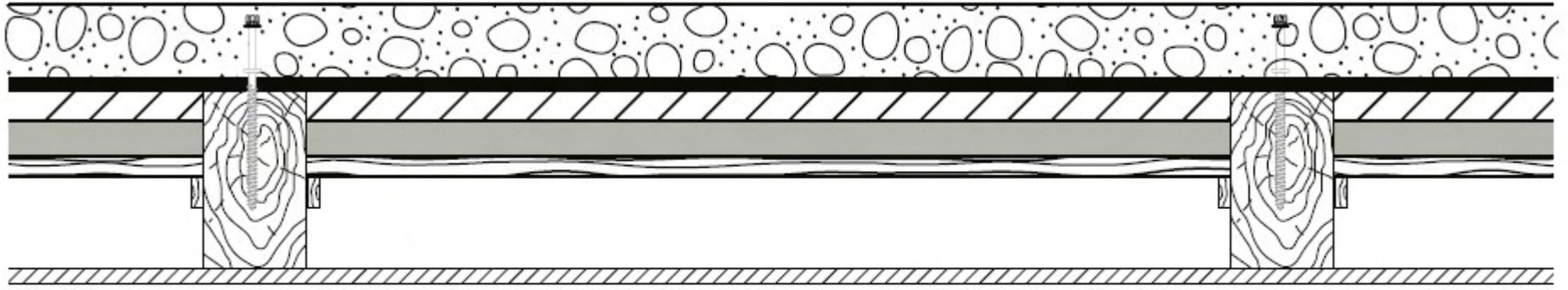
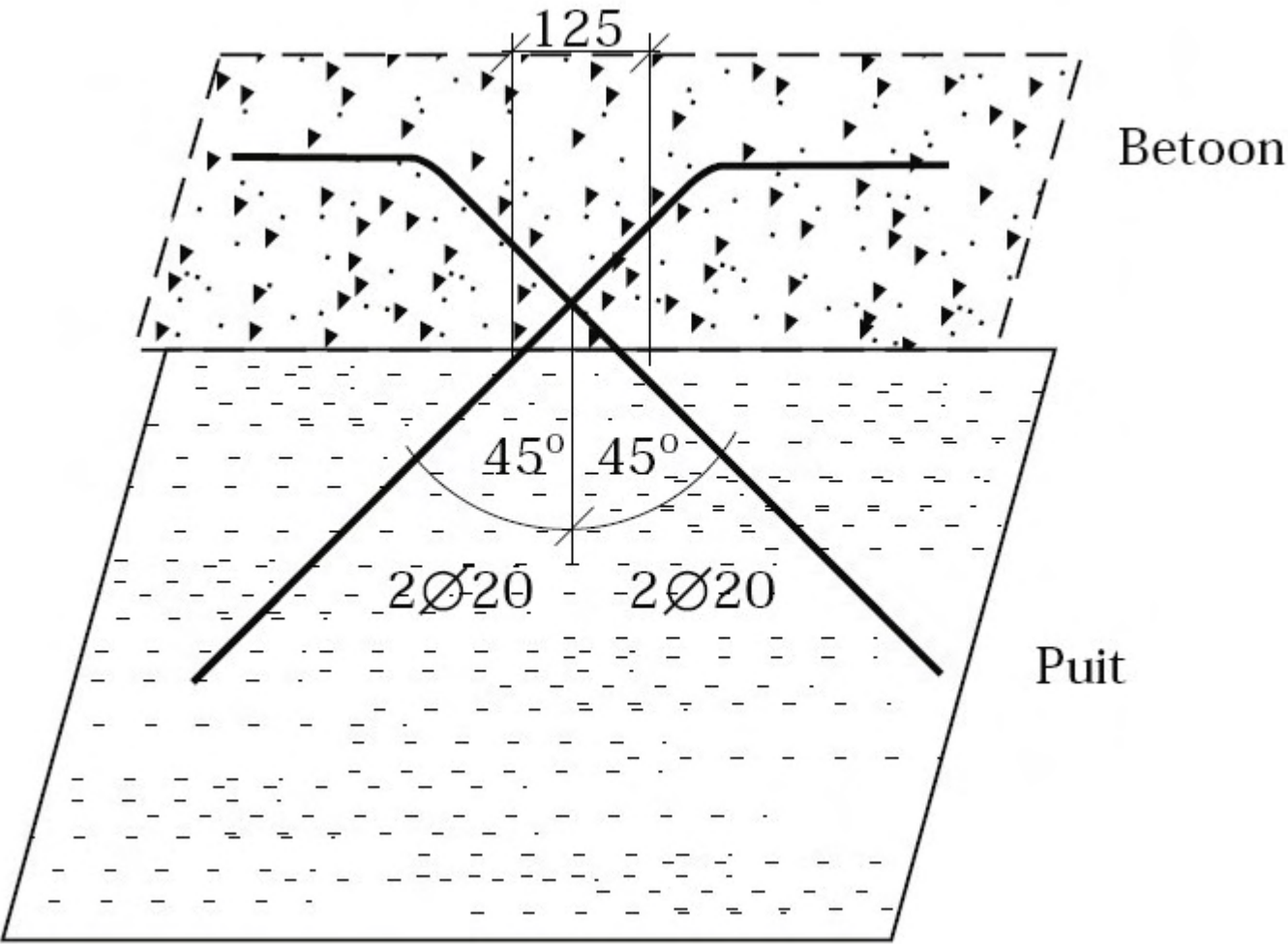
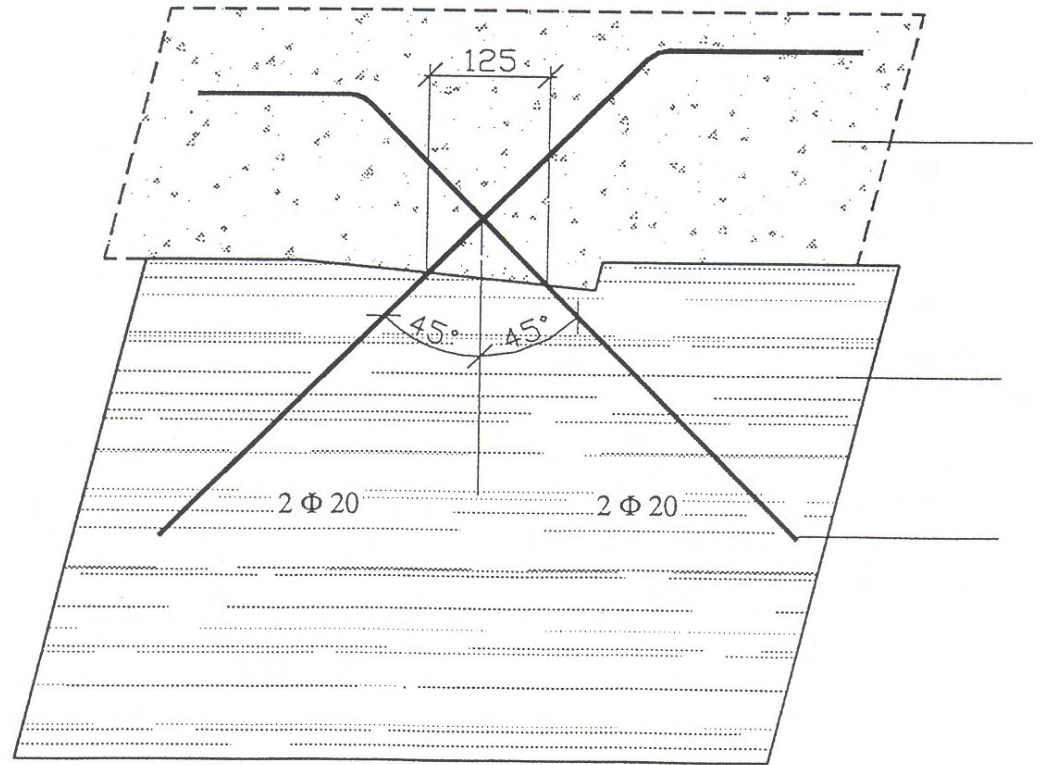
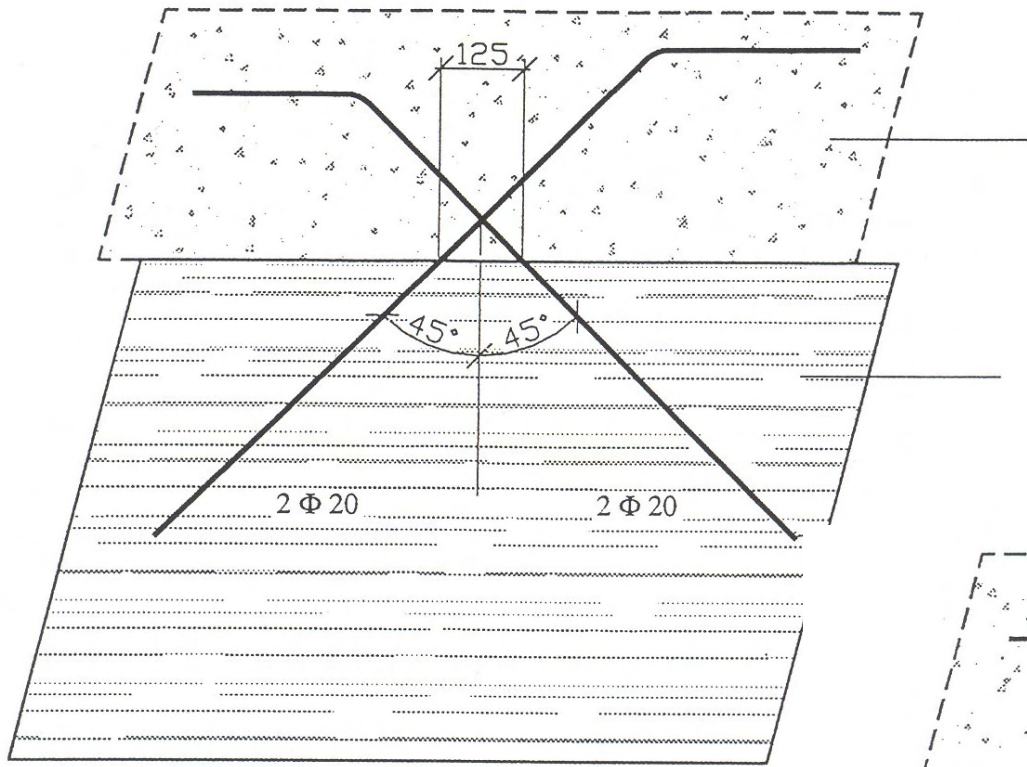


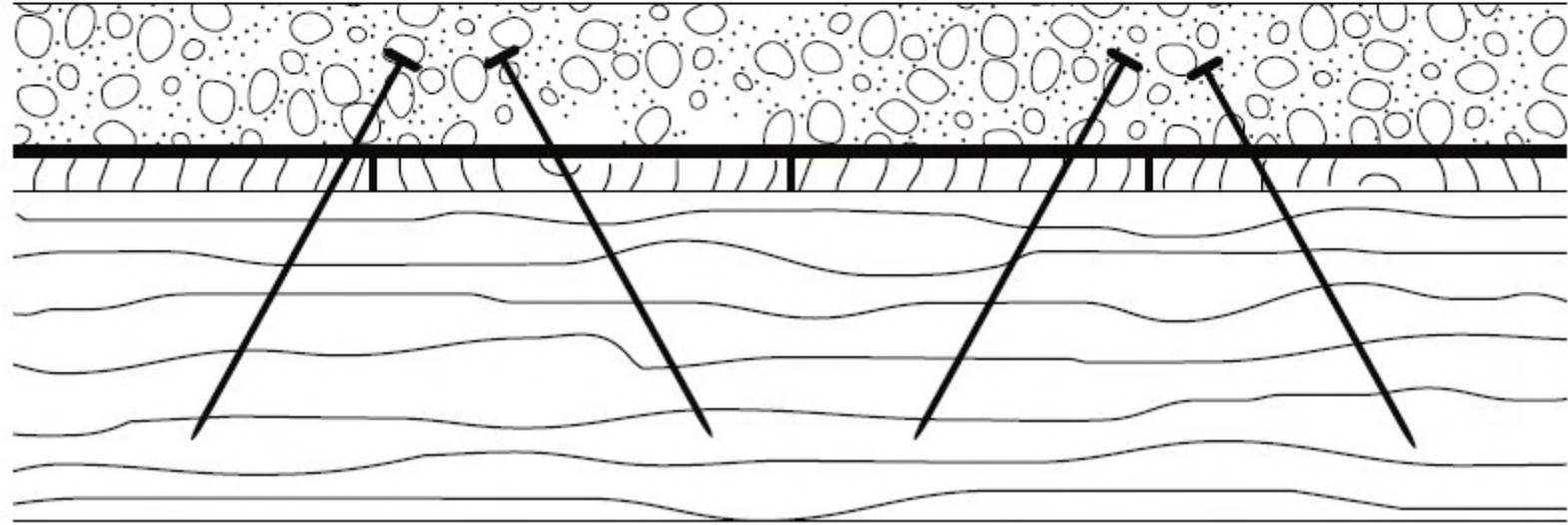
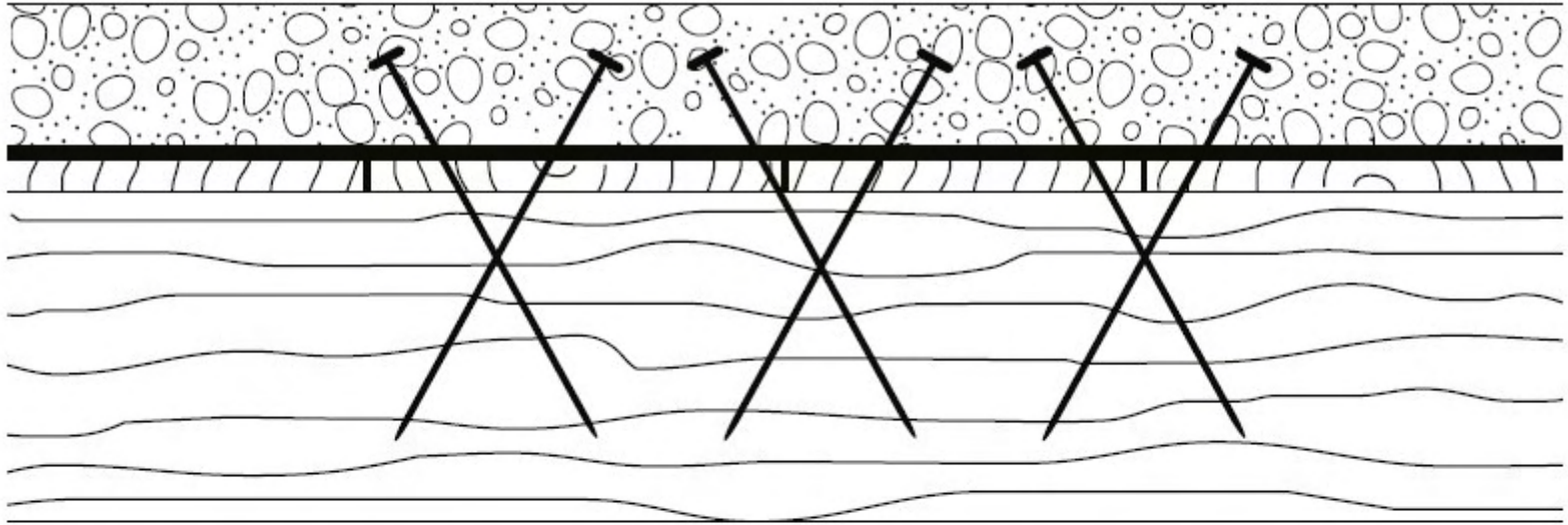
Fig. 7

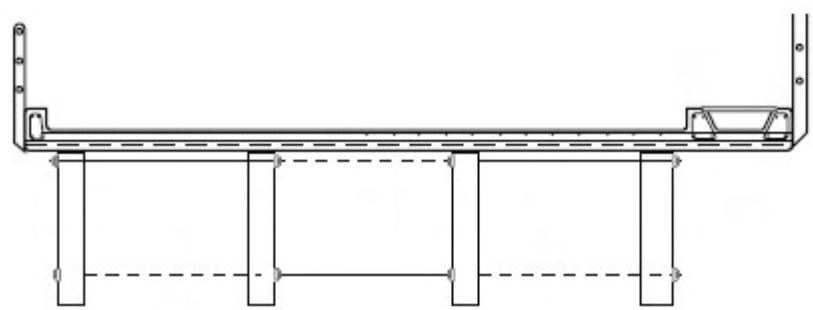
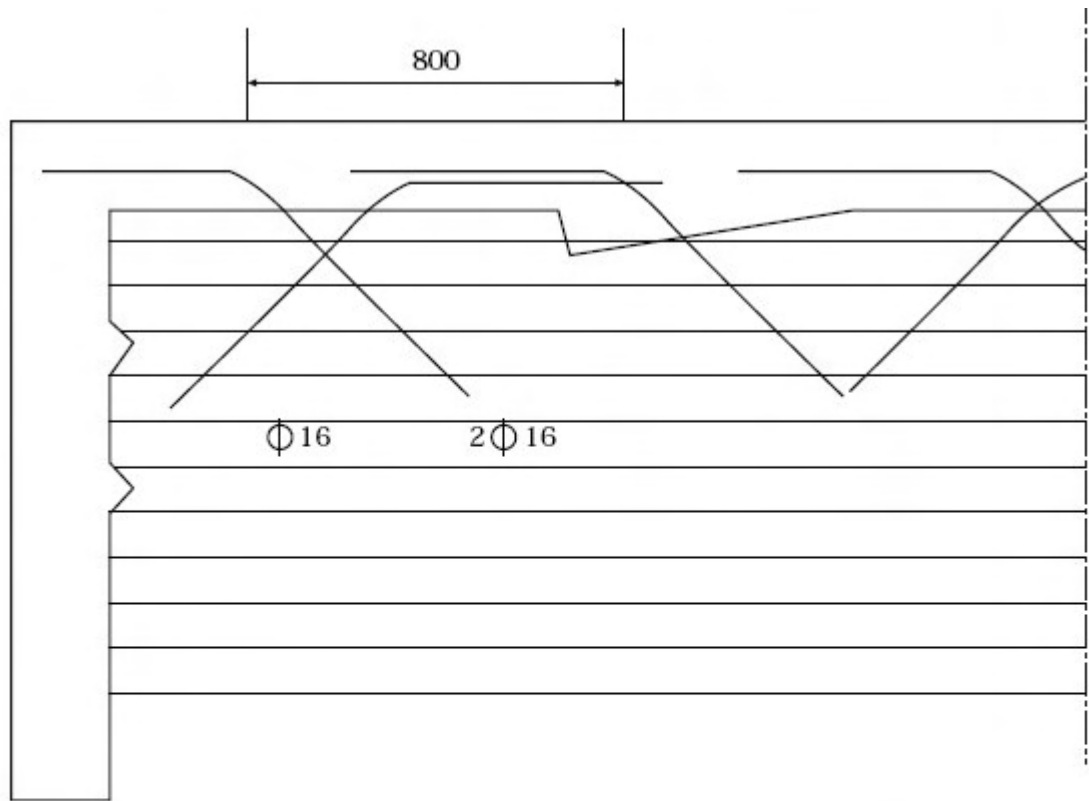


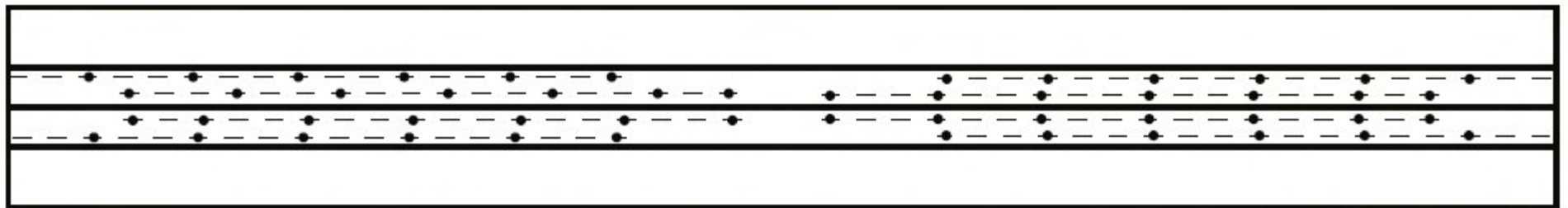
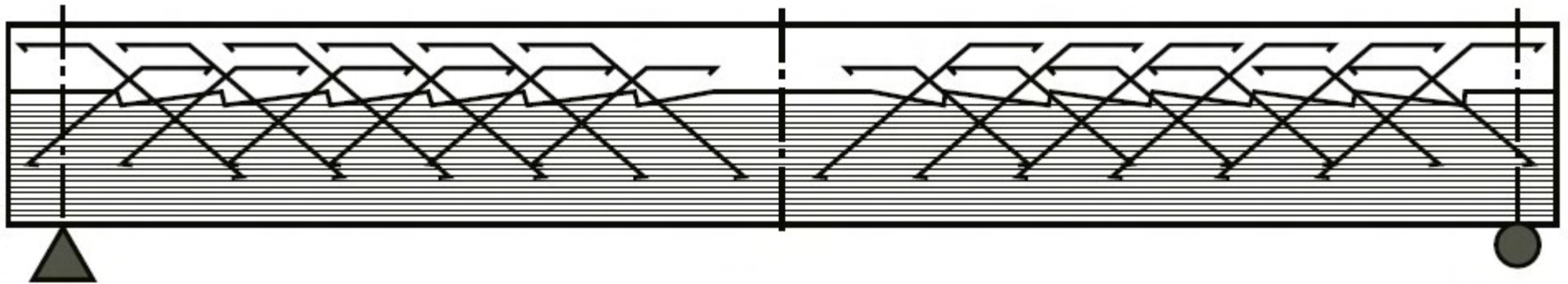


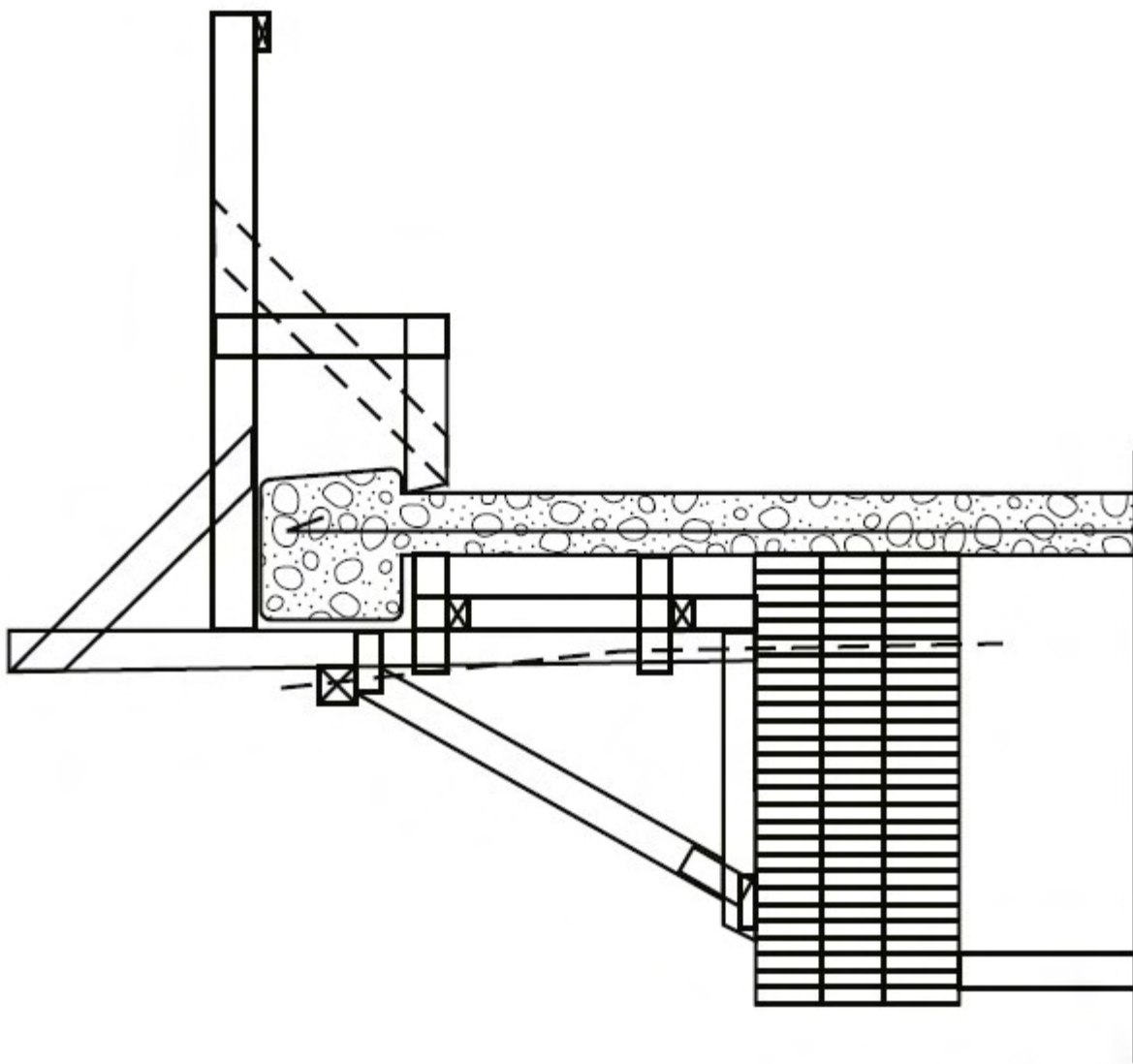


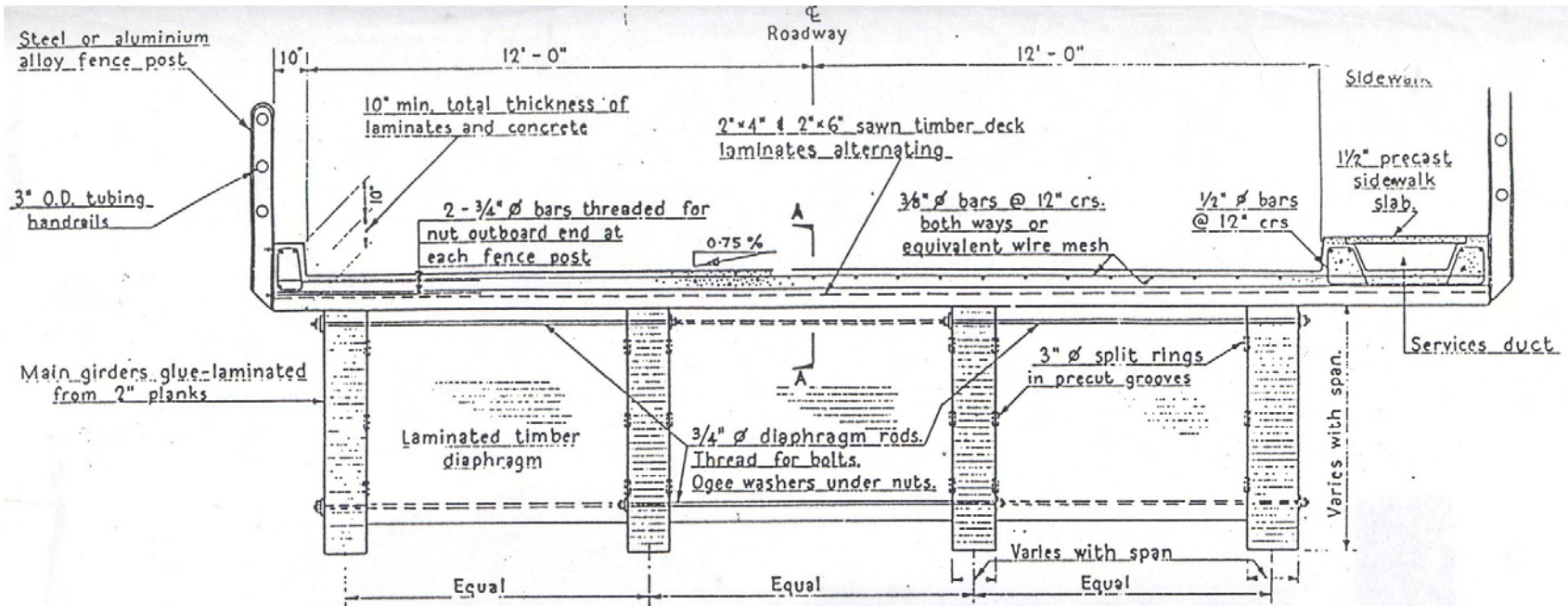




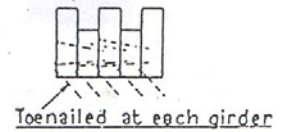
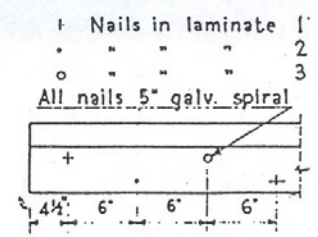
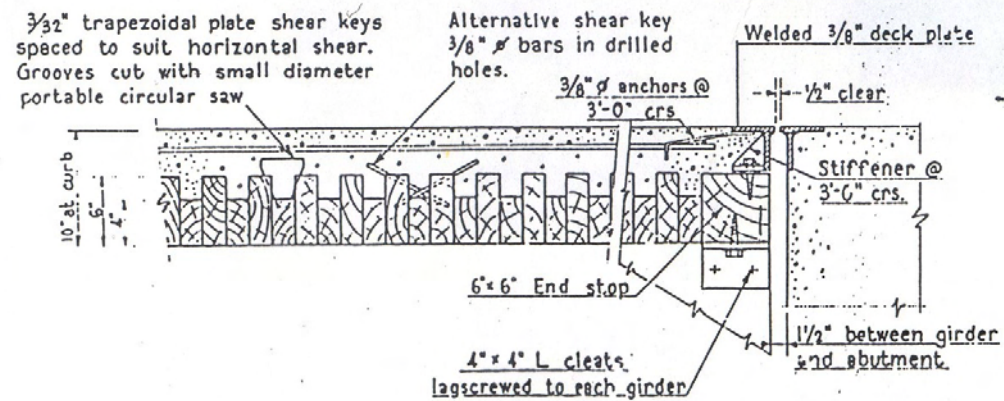




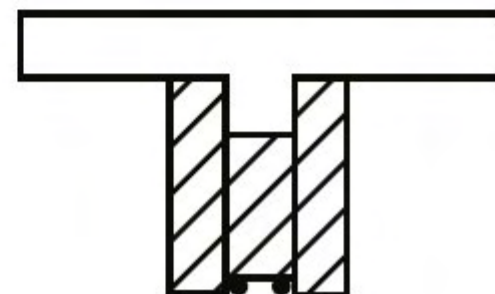
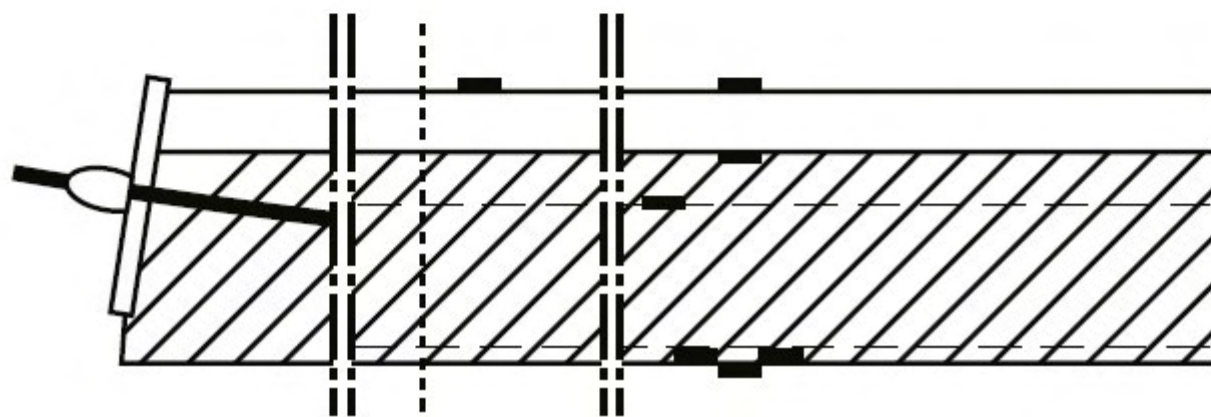
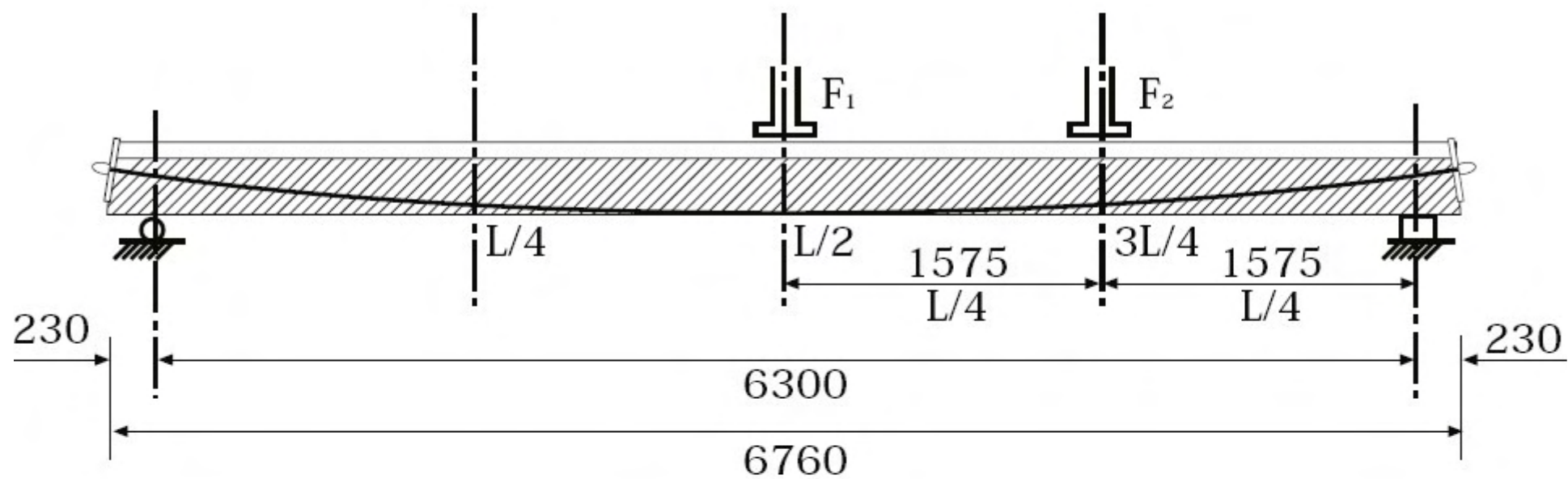


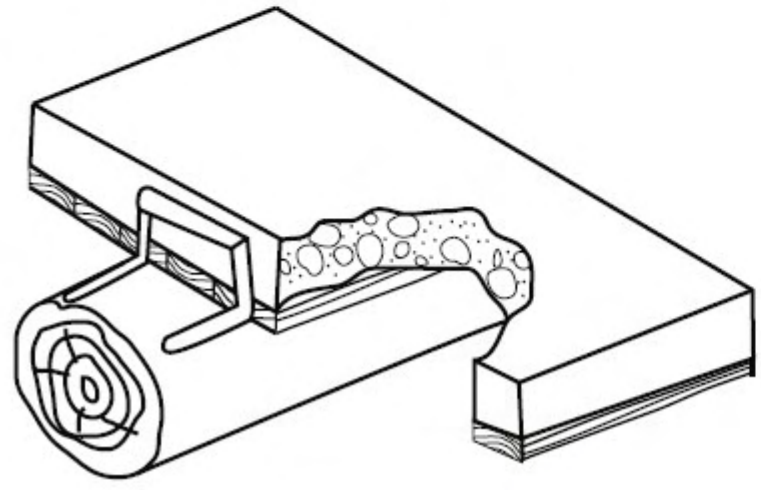
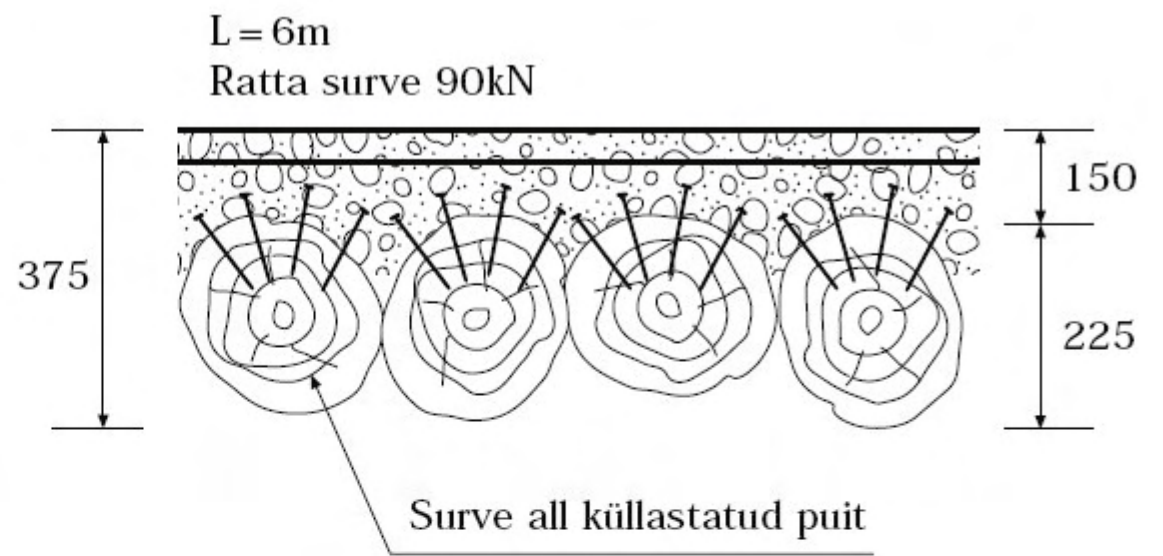
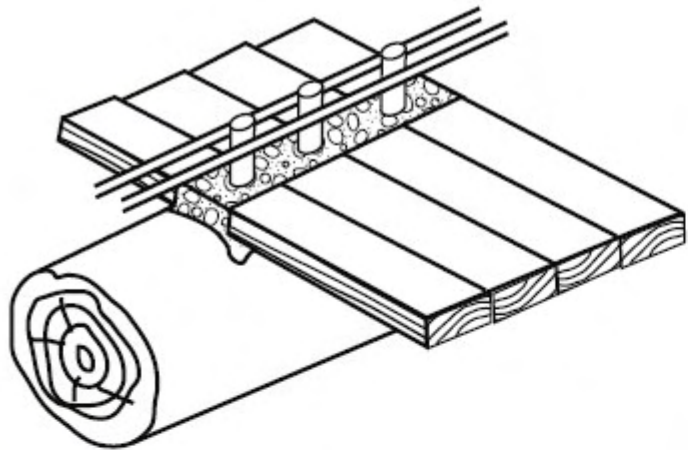


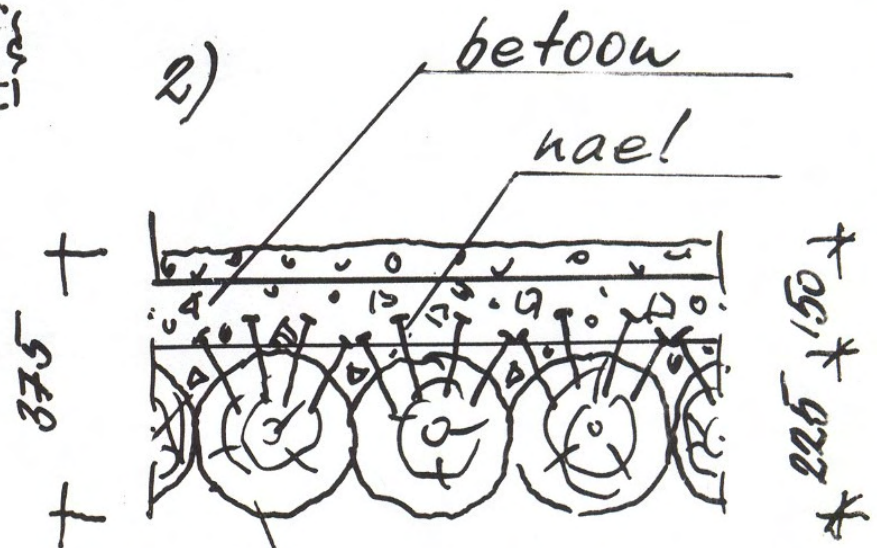
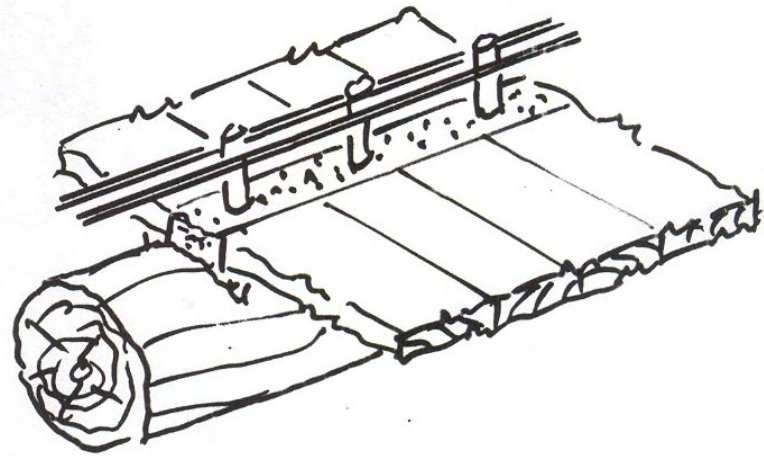
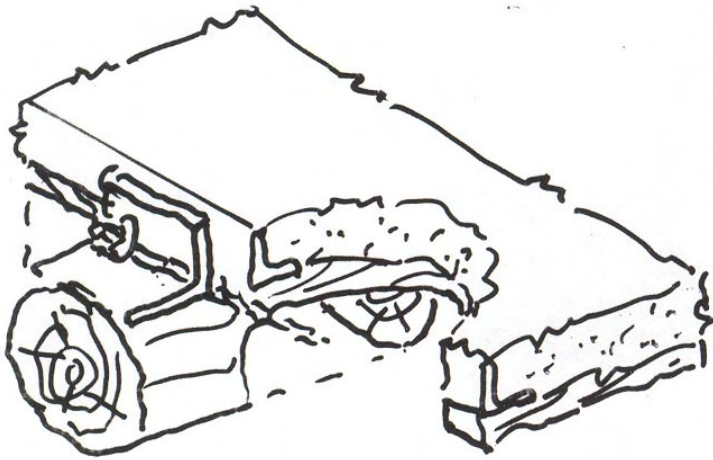
Cross-Section



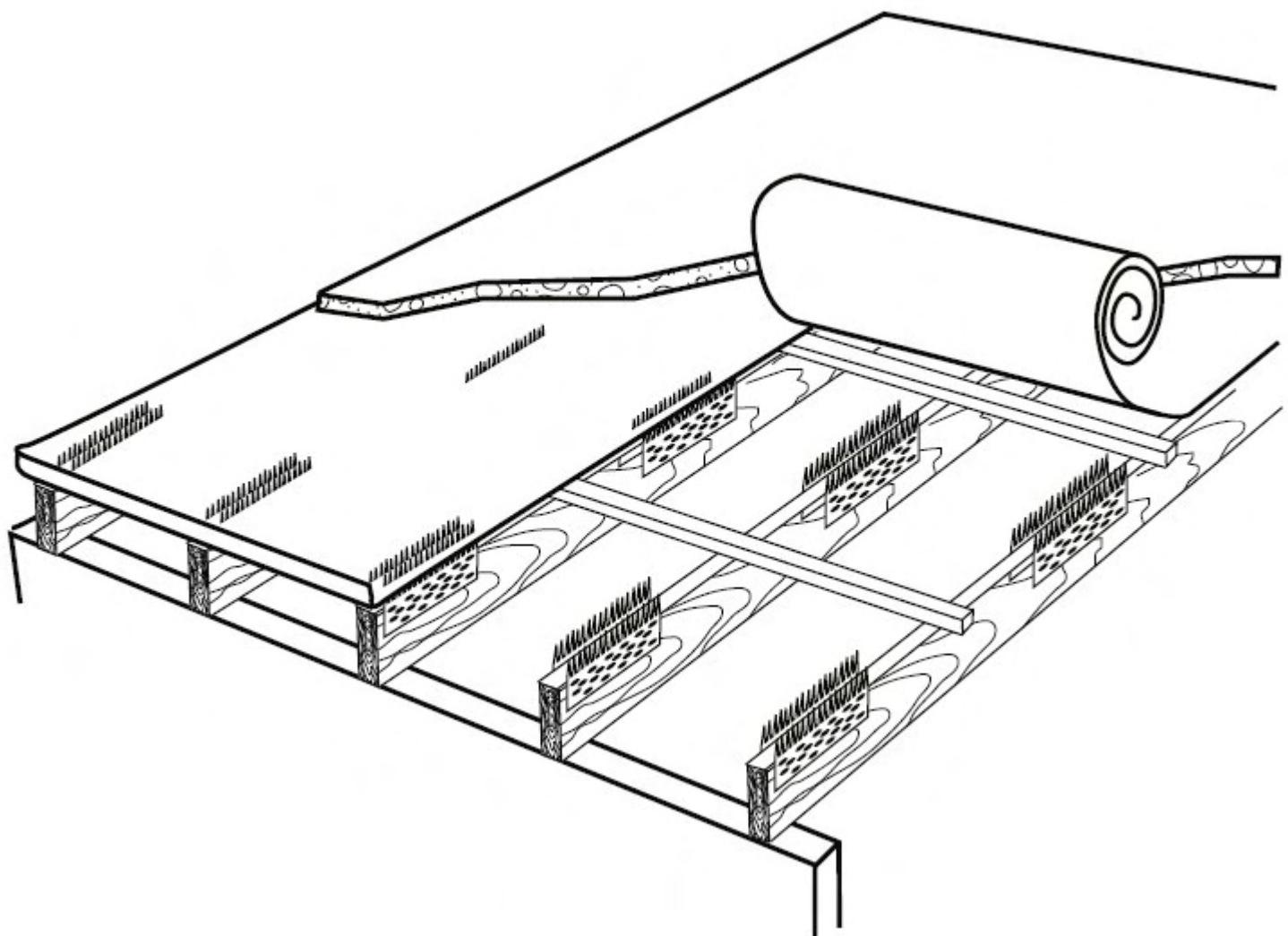
Nailing Pattern

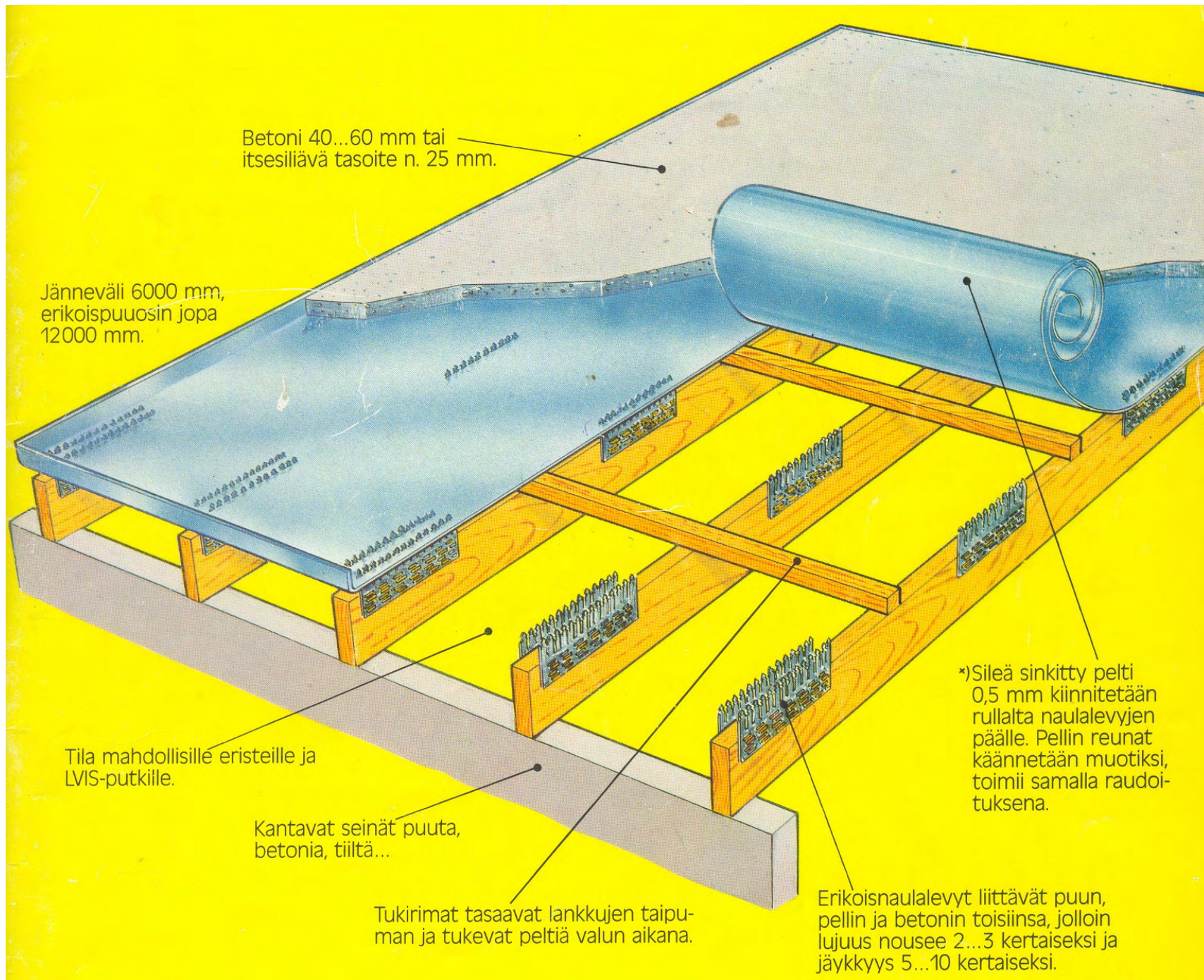






$L = 6\text{ m}$
 RATA SURVE
 40 kN





Betoni 40...60 mm tai
itsesiliävä tasoite n. 25 mm.

Jänneväli 6000 mm,
erikoispuuosin jopa
12000 mm.

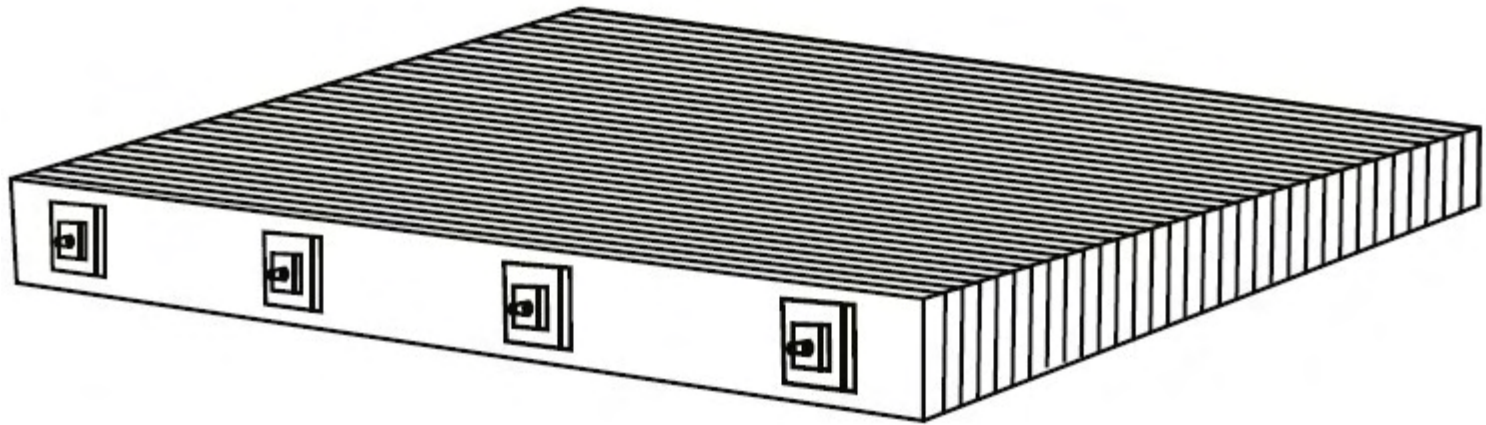
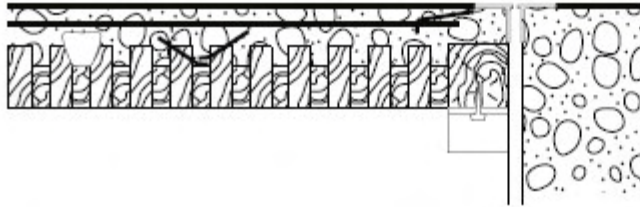
Tila mahdollisille eristeille ja
LVIS-putkille.

Kantavat seinät puuta,
betonia, tiiltä...

Tukirimat tasaavat lankkujen taipu-
man ja tukevat peltiä valun aikana.

*)Sileä sinkitty pelti
0,5 mm kiinnitetään
rullalta naulalevyjen
päälle. Pellin reunat
käännetään muotiksi,
toimii samalla raudoi-
tuksena.

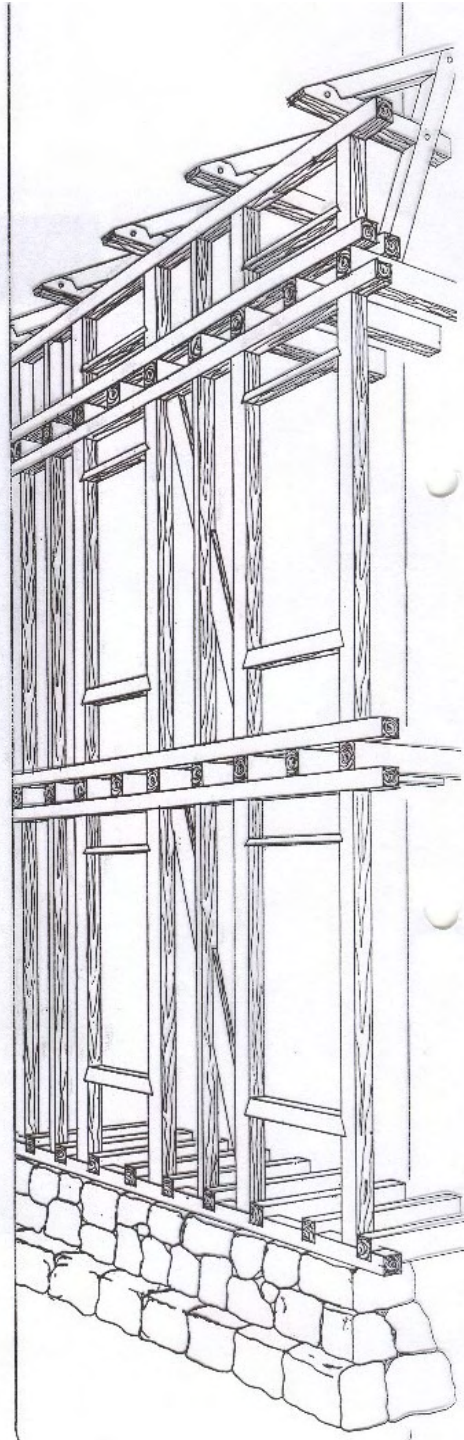
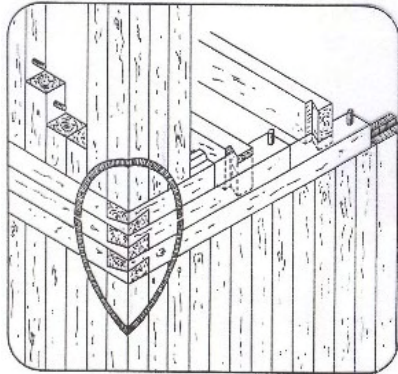
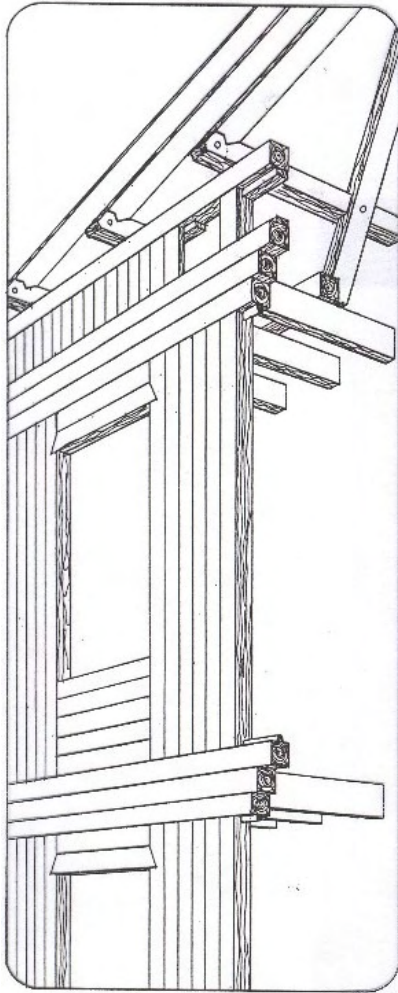
Erikoisnaulalevyt liittävät puun,
pellin ja betonin toisiinsa, jolloin
lujuus nousee 2...3 kertaiseksi ja
jäykkyys 5...10 kertaiseksi.

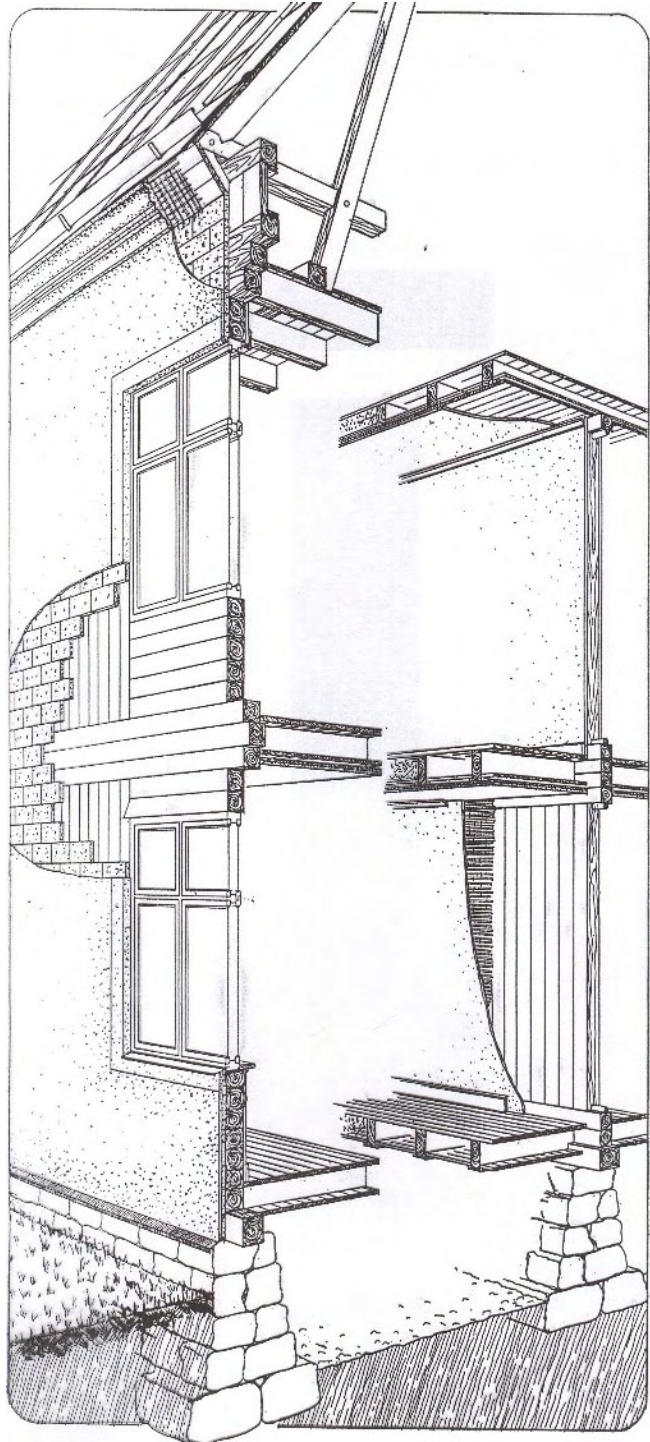


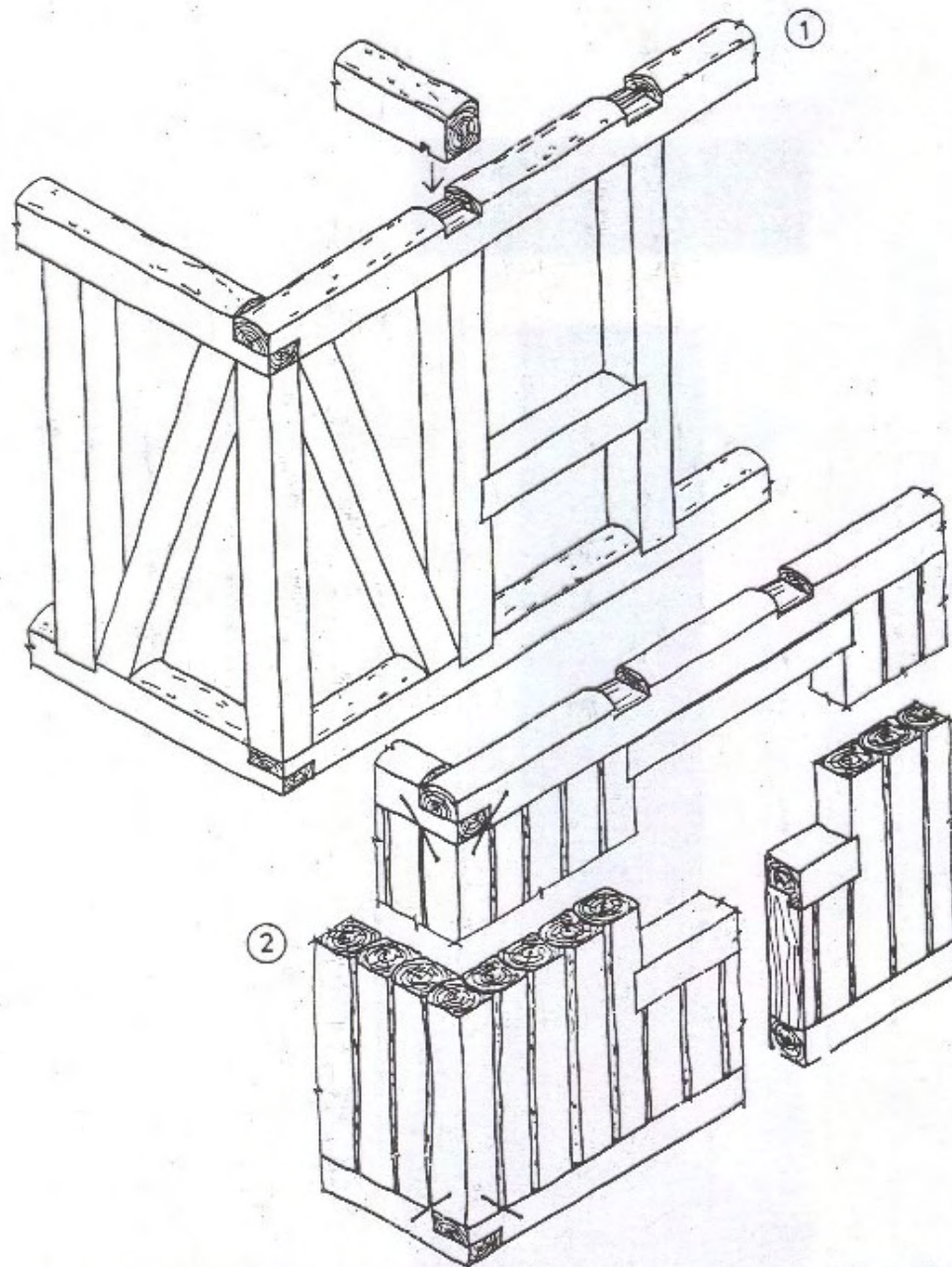
V Palkmajad



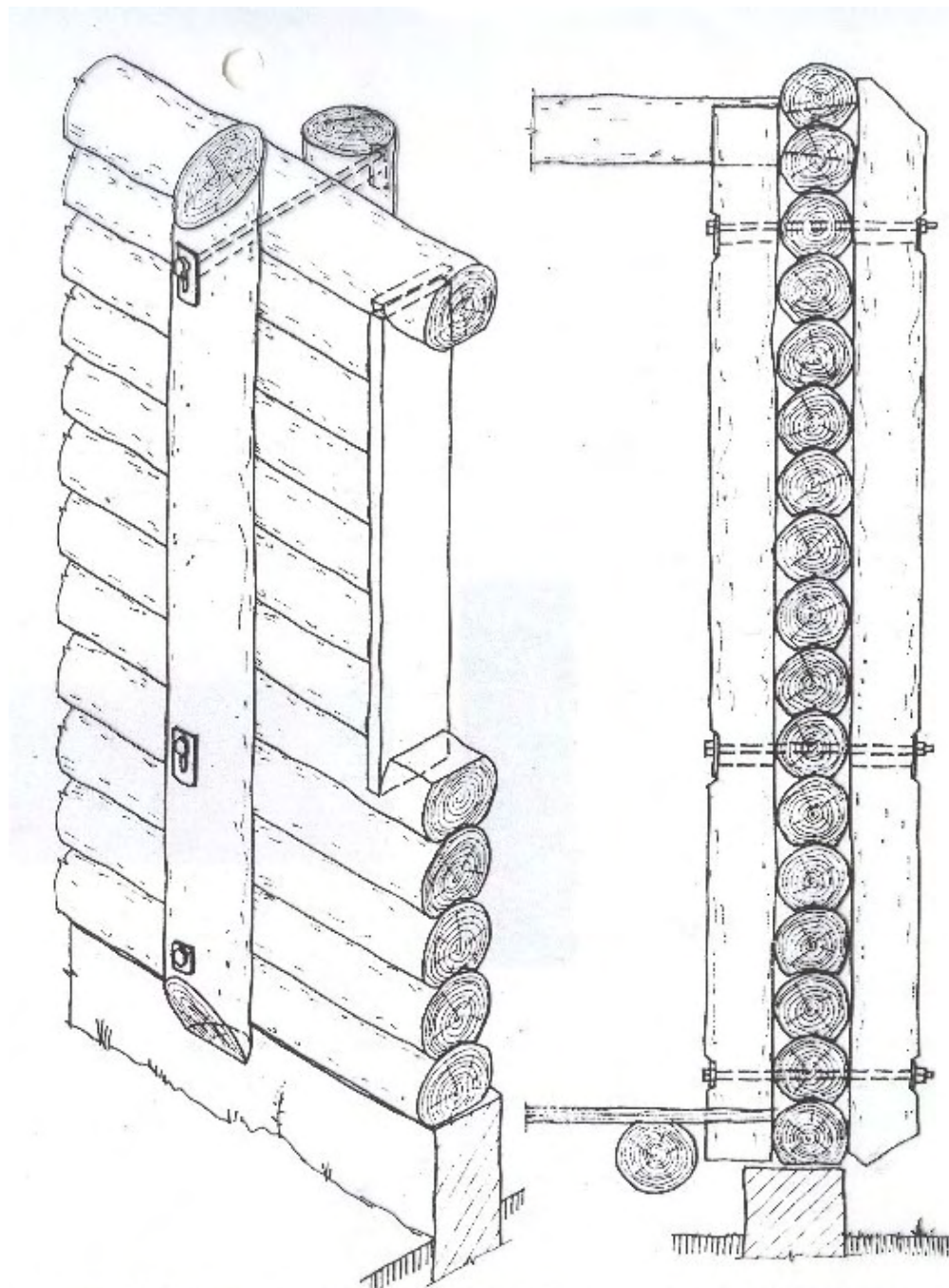




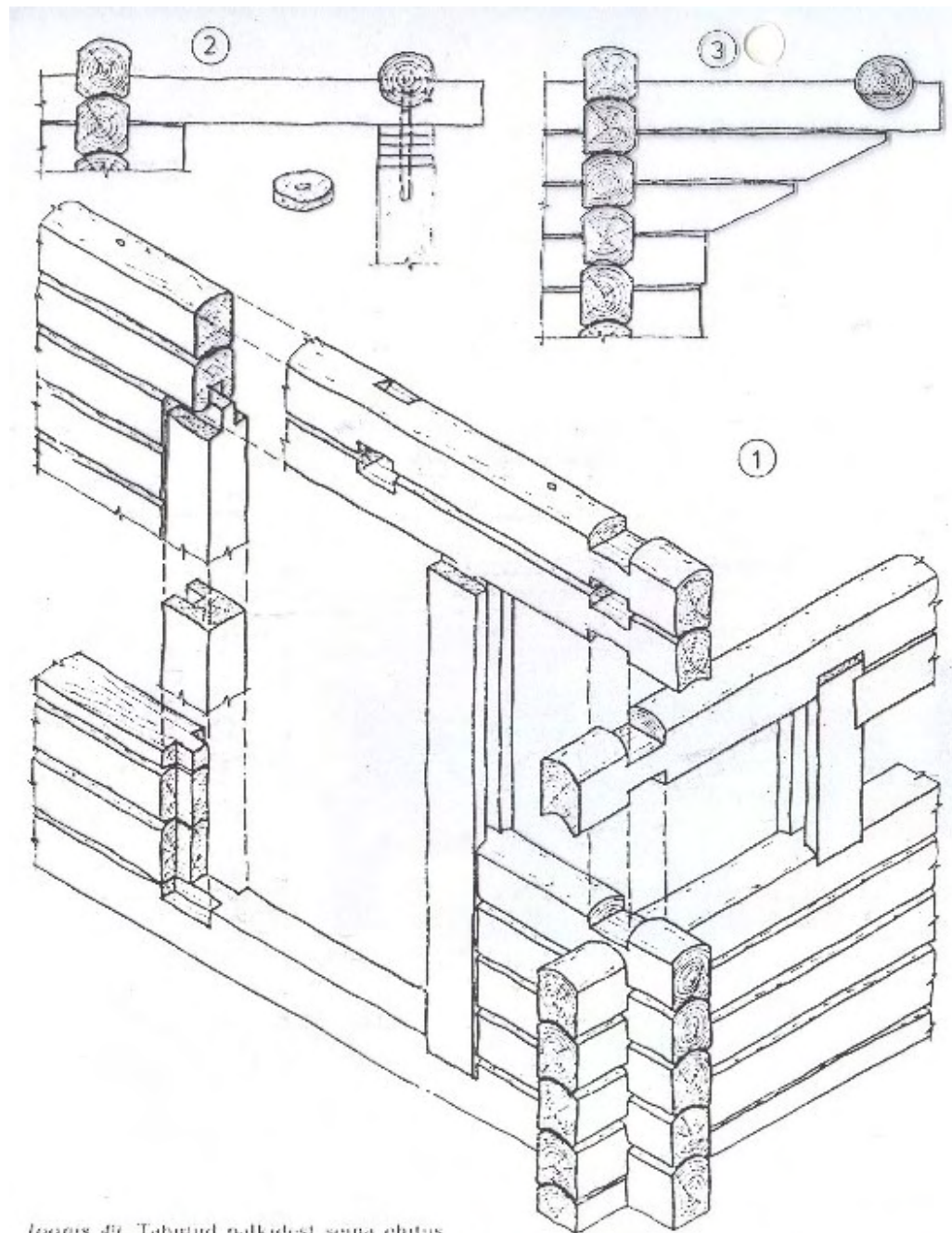




Joonis 51. Palksõrestiku (1) ja püstpalkseina konstruktsioon. Sõrestiku postid on aluspuusse sisse lõigatud, samuti aknaalune rõhtpuu postidesse. Seinale annab püsivuse diagonaal. Laetalad on sõrestiku pealispuuga hamba abil ühendatud. Püstpalgid on alus- ja pealispuuga ühendatud vaid viltu sisselöödud naeltega, nurkades riiskadega, ühendada võib ka poolsulundiga, nagu näidatud aknaaluse palgi juures

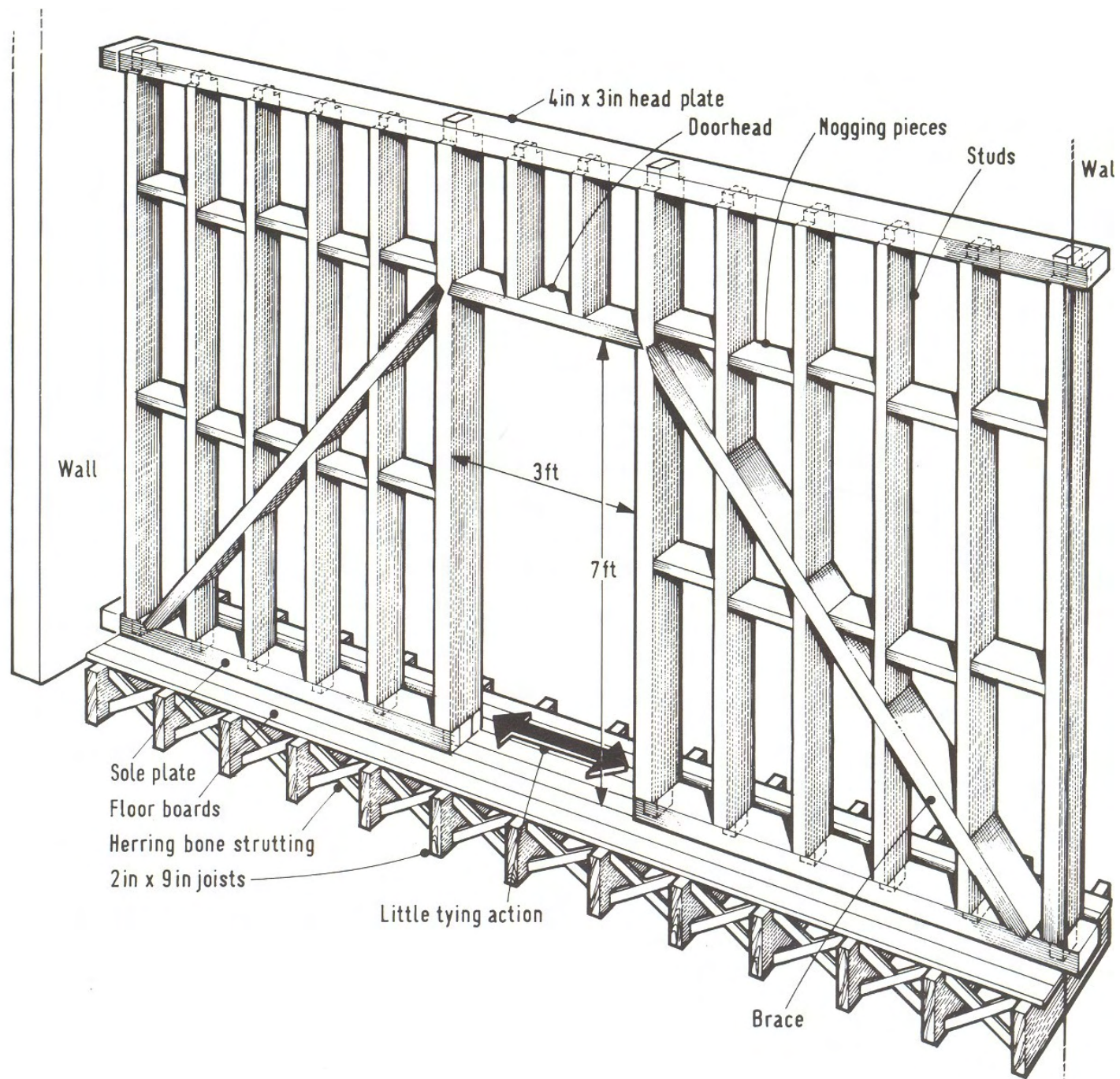


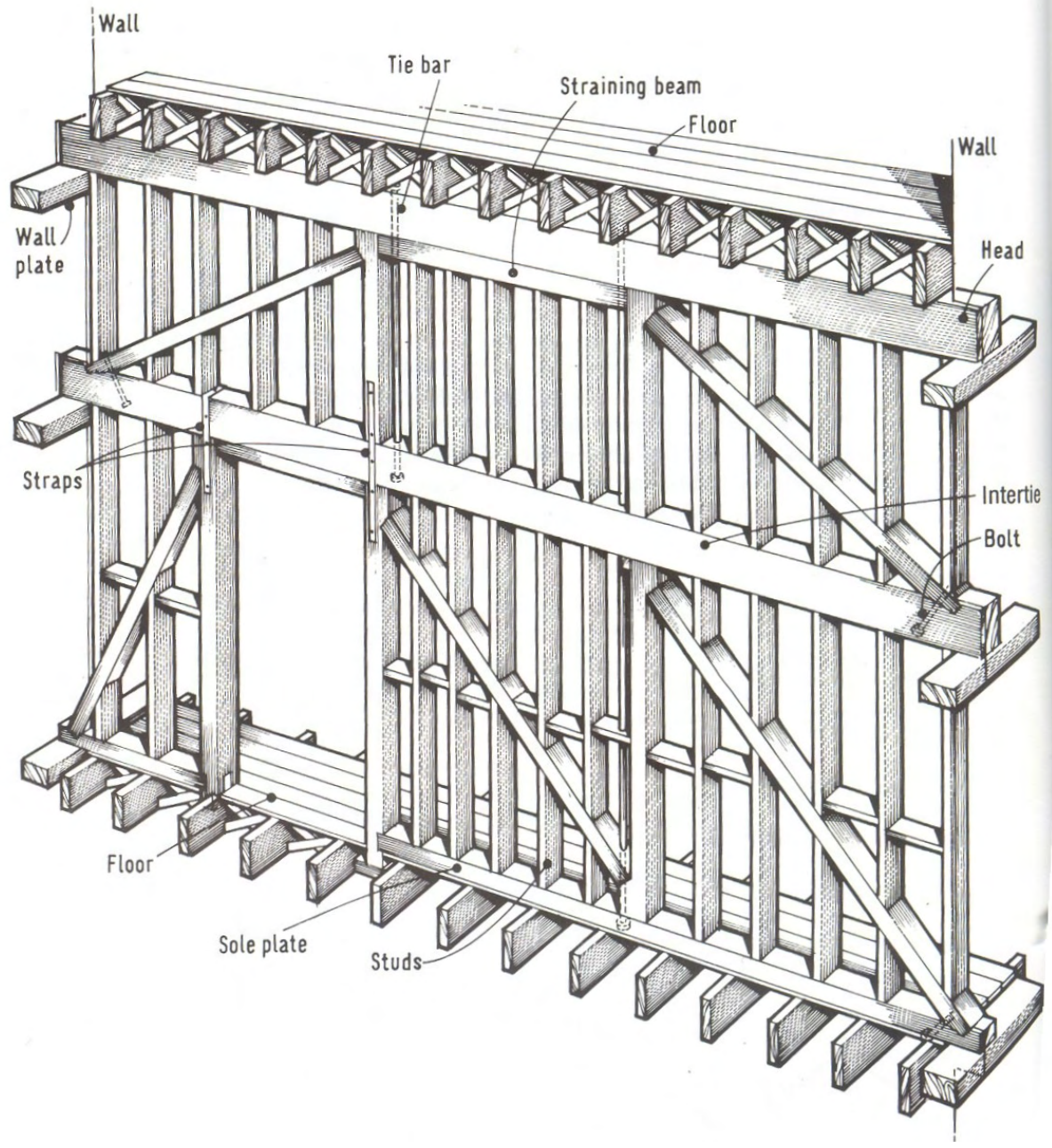
Joonis 50. Palkseina toetamine kahele poole paigutatud ja pollidega kinnitatud toetustõstidega (vasakul üldvaade, paremal püstlõige). Näha on põlvale juures postidesse jäetud spetsiaalseibidega vajumispiilud



Joonis 49. Tahitud palkidest seina ehitus

1 ülevaade, millel näha tenderpostide paiknemine, vajumispiilud avade kohal ja pesad laetalade jaoks, *2* konsooli toetamine postile, mille otsas lauast lõigatud kettad, mida saab vastavalt majaseinte vajumisele välja lüüa, *3* konsooli toetamine renduvatele palkidele.





V Palkmajad

Puit(palk)majade ehitamise normidest ja tavadest

I Palk- ja puitkarkassmajade projekteerimise põhialuseid

1. Olemasolevatest ametlikest (üleriiklikest, Euroopa) normidest ja juhenditest

1.1 Eesti projekteerimismõisted

1) Projekteerimise alused, koormused ja mõjurid

- EPN-ENV 1.1 Projekteerimise alused
- 1.2.1 Sissejuhatuse
- 1.2.3 Omakaalukoormused
- 1.2.4 Kasuskoormused
- 1.2.5 Lumekoormus
- 1.2.6 Tuulekoormus
- 16.1 Ehitiste heliisolatsiooni nõuded
- 12.2 Sisekliima
- 10.1 Ehitiste tuleohutus Üldeeskiri

2) Puitkonstruktsioonid

- 5.1 Üldised juhendid ja hoonete juhendid
- 5.1.2 Tulepüsivus
- 5.1/AM-1 Abimaterjal EPN 5.1 kasutajale
..... pöranda kõikuvus !?

V Palkmajad

3) Kõikvõimalikud puitmaterjalide katsetamise ja puidust toodete valmistamise Eurostandardid, nagu näiteks

- EN 338 Konstruksiooni puit. Tugevusklassid
- EN 384 Puitkonstruktsioonid. Puidu mehaaniliste omaduste ja tiheduse normväärtuste määramine, jne.

Ümarpuidule ei ole senini Eurokoodides nõudeid (vt STEP)

2. Ametkondlikud või valmistaja firmade juhendid ja nõuded

2.1 Palkmaja projekteerimise ja valmistamise nõuetest

Põhiliselt Põhjamaade, eriti Soome firmade eeskirjad

1) Üldisi märkusi

- Palgi (prussi) min paksus üldiselt 70 mm.
- Kasutatakse
 - höövelpalki
 - ümarpalki - freesitud (treitud)
 - liimitud (lamellpuit) palki

V Palkmajad

2) Puidu käitumine niiskuse vaheldumisel

- kapillaarvesi
- hügrokoopne (seotud) vesi - 30% ($\Delta l=0,1\%$, $\Delta r=3-6$, $\Delta t=6-12\%$)
- keemiliselt seotud vesi

Tasakaaluniiskus sees $\approx 8\%$, väljas $\approx 14\%$ - 5 cm pinnakihis.

3) Palkmaja erilisi omadusi

Vajumine (kuivamine, vuukide tihenemine, koormus) - 10-50 mm/m, millega tuleb arvestada juba projekteerimisel (siseseinad vähem)

- eriti kui liitumine postidega, jne
- vajumisest ka viilkatuse horisontaalsiire ($u=vtg\alpha$)
- korstnate liitekohad

Tihedus

Puitseina säilivus $w < 20\%$:

- konstruktiivsed abinõud (räästad > 500 mm + vihmavee rennid, sokkel > 400 mm, hüdroisolatsioon, kaetud rõdud jne)
- kemiline töötlemine
- värvkatted

V Palkmajad

4) Dimensioneerimise põhimõtted

a) Kandepiir seisund

- Ümarpalgid kuuluvad tugevusklassi C 30
- Hööveldatud palgid C24

Arvutamisel kasutada EVS-EN 5-1-1:2005 nõudeid, koormuse kestusklass võiks võtta keskkestev,

Kasutusklass 2 t 20 C, w < 85%

Vastavalt VTT palkide koormuskatsetele:

- survetugevus ristikiudu 1,4 MPa, millele vastavalt
- normtugevus $f_{c,90,k} = 1,0$ MPa
- seina kõrgus on 3m
- höövelpalgi paksus ≥ 70 mm ja ümarpalgi paksus ≥ 130 mm
- ristnurga pikkus vähemalt 600 mm
- ristnurkade vahekaugus on maks 8 m
- kui ristnurkade vahekaugus on 4-8m, siis on seina kandevõime sama kui 4 m seina kandevõime.

V Palkmajad

Lähtudes eelnevatest tingimustest võiks seina kandevõimet määrata järgmiste valemite abil:

ristnurk

$$F_{ristnurk} = 600 \text{ mm} \cdot 1,0 \cdot b_{ef}, \quad f_{c,90,k} = 1,0 \text{ MPa}$$

kus b_{ef} on

0,75 · seina paksus (höövelpalk) ja

0,5 · seina paksus (ümarpalk)

seinapalk

$$F_{seinapalk} = 1,0 \cdot L \cdot b_{ef},$$

kus $L \geq 4000 \text{ mm}$,

või

$$F_{seinapalk} = 1,0 \cdot 4000 \cdot b_{ef},$$

kui $4000 < L < 8000 \text{ mm}$,

ristnurkadega sein

$$F_{sein} = 2 \cdot F_{ristnurk} + F_{seinapalk}, \text{ so 2 ristnurka.}$$

V Palkmajad

Näide:

Olgu hõõvelpalgi paksus **120 mm**, ristnurgade **vahekaugus 5 m** ja seina kõrgus 2,8 m. Ristnurgad on käesolevalt asendatud põikseintega.

$$F_{sein} = 2 \cdot F_{ristnurg} + F_{seinapalk} = 2 \cdot 1,0 \cdot 600 \cdot 0,75 \cdot 120 + 1,0 \cdot 4000 \cdot 0,75 \cdot 120 = 468000 \text{ N} = 468 \text{ kN}.$$

See on seina kandevõime (kandepiirseisundi järgi) lähtudes katsetest.

EVS-EN 5-1-1 (Eurocode) kohaselt

Materjalomaduse osavarutegur $\gamma_M = 1,3$,

muutuva kasuskoormuse osavarutegur $\gamma_Q = 1,5$.

Kui koormuse kestusklass on keskkestev, siis on kestusklassi ja kasutusklassi (niiskus) 1 ja 2 arvessevõttev tegur $k_{mod} = 0,8$.

Seega normkoormuseks oleks

$$F_k = (0,8 \cdot 468) / (1,5 \cdot 1,3) = 192 \text{ kN},$$

Ehk normkoormus seina pikkusühikule

$$q_k = 192/5 = 38,4 \text{ kN/m}.$$

V Palkmajad

4) Soojapidavus

Soojajuhtivuse kohta on esitatud nõuded EVS-837-1:2003 (ET-1 0404-0008, 1993), kus

a) Väikemajade (hooned, kus võimalik kasutada kergkonstruktsioone) seinad

$$U \leq 0,33 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

b) *Paljukorruseliste hoonete seinad*

$$U \leq 0,45 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

c) Ülemiste korruste laed ja katuslaed

$$U \leq 0,25 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Pisut rangemad nõuded on käesolevalt esitatud piirete soojapidavuse normides, kus küll käesolevalt üsna kõrged nõudmised ja nimelt elektriküttega elamutes seintel 0,12 (0,16), pisut varasemates nõuetes 0,28 ja katuslagedel 0,22 W/m² °C. Ökonoomne paneelmaja klaas(kivi)villast lisasoojustuse paksus 160-180 mm.

V Palkmajad

Kui tegemist ümarpalkseinaga, siis arvutatakse nn geomeetriliselt ekvivalentne paksus, mis vastab ühtlase paksusega hõövelpalkseinale:

$$b_{\text{ekv}} = A/h, \text{ kus}$$

h - palgi kõrgus vara kohal

A - ümarpalgi pind

b - " diameeter

x_b - vara laius.

Kui vara laius on $0,5b$, siis sadakse ekvivalentpaksuseks $0,855b$. Kui vara laius on $0,6b$, siis $b_{\text{ekv}} = 0,88b$.

Kui on aurutõkketa sein, siis selle vuukide läbi liigub ühtlaselt õhk, mis soojeneb ja sein toimib kui soojavahendaja.

5) Palkseina niiskusetehniline käitumine

Lisasoojustamata palksein on niiskusetehnilise toimivuse poolest kindel ja turvaline lahendus. Niiskus vaheldub vastavalt õhu temperatuurile ja RH –le (ligikaudu 1% piires).

Lisasoojustatud palksein on keerulisem. Üldiselt seespidine lisasoojustamine ei ole eriti soovitatav (aga võib ka ilma aurutõkketa kui selle paksus ei ületa 50 mm).

V Palkmajad

Lisasoojustatud ja soojustamata seinakonstruktsioonide U (W/m²K) väärtused
(palgi $\lambda_n = 0,12$, soojustuse $\lambda_n = 0,037$ W/mK)

Palk, mm	Soojustus, mm					
	0	50	75	100	125	150
HH 70	1,28	0,47	0,36	0,29	0,24	0,21
HH 95	1,01	0,43	0,33	0,27	0,23	0,20
HH 120	0,83	0,39	0,31	0,26	0,22	0,19
HH 145	0,71	0,36	0,29	0,24	0,21	0,18
HH 170	0,62	0,34	0,27	0,23	0,20	0,18
HH 195	0,55	0,31	0,26	0,22	0,19	0,17
HH 220	0,49	0,30	0,25	0,21	0,18	0,16
Ø 130	0,89	0,40	0,32	0,26	0,22	0,19
Ø 150	0,79	0,38	0,30	0,25	0,22	0,19
Ø 170	0,71	0,36	0,29	0,24	0,21	0,18
Ø 190	0,64	0,34	0,28	0,23	0,20	0,18
Ø 210	0,59	0,33	0,27	0,23	0,20	0,17
Ø 230	0,54	0,31	0,26	0,22	0,19	0,17

HH on hõõveltala ja Ø ümarpalk

V Palkmajad

6) Niiskuse isolatsioon

7) Tulepüsivus (vt EV määrus nr. 315 – ehitisele ja selle osale esitatavad tuleohutusnõuded ja EVS-EN 1995-1-2:2006 – Tulepüsivusarvutus)

Palk on põlev materjal ja pinnaomaduste poolest kuulub süttimistundlikkuse (tuletundlikkus A2) 2 klassi (halvasti süttiv pinnakiht) ja tule levimise poolest klassi II (ei soodusta oluliselt tule levikut ega tekita suurel hulgal suitsu). Eristatakse järgmisi parameetreid: R- kandevõime, E – tihedus, I- isoleeritavus.

8) Heliisolatsioon

9) Hoone õhuvahetus

10) Ladustamine ehitusplatsil

Väljas ladustamisel – kaitsta päikese, vihma ja maaniiskuse eest. Maast vähemalt 30 cm kõrgusele. Läbipaistev kile ei kõlba. Vaheliistude vahekaugus mitte üle 1,5 m.

11) Palkkarkassi montaaž

- Tihendid ei tohi märguda, ega hiljem välja ulatuda.
- Kaitsta pikaajalise vihma eest.
- Peale montaaži tagada tuuletus.
- Kasutada valmistaja juhiseid

12) Kvaliteedi nõuded

V Palkmajad

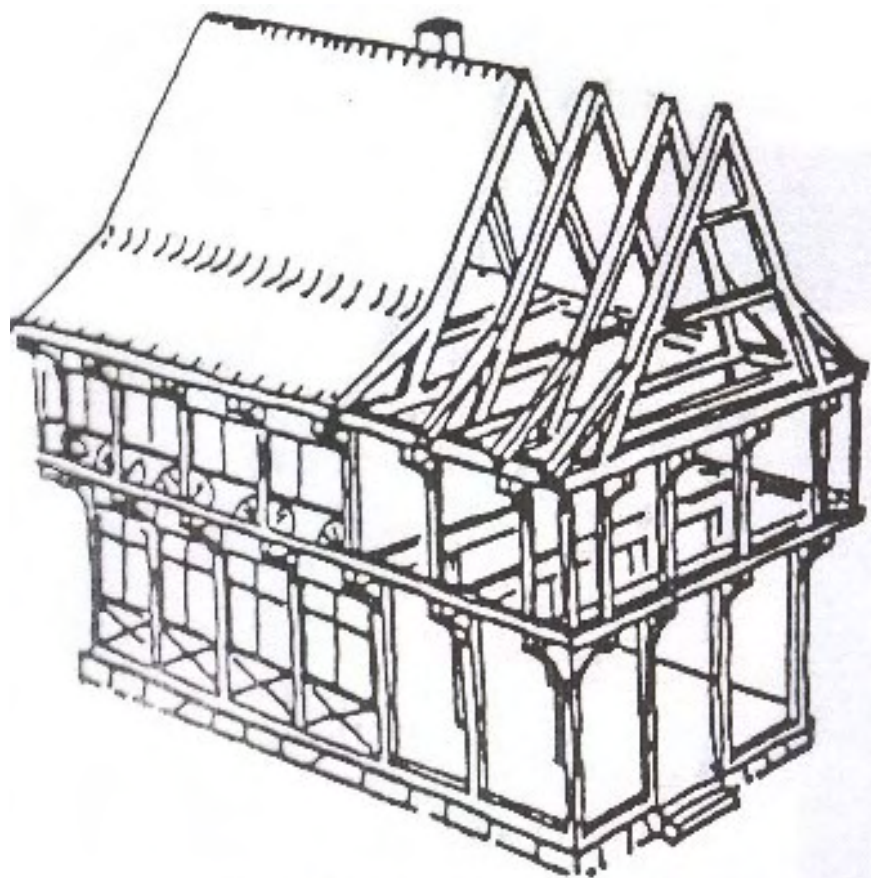
Höövel- ja ümarpalkide omadused ja lubatavad vead on esitatud alljärgnevas tabelis:

Omadus, viga	Vea suurus
Praod	Nähtavale jäävatel pidadel lubatakse looduslikust kuivamisest tekkinud pragusid (lõhesid), mille sügavus ei ületa 1/2 palgi paksust (juhul kui palgi südamik on keskel, siis lubatakse sellist pragu mõlemalt poolt). Prao maksimaalne "avanemine" on 8 mm. Tala otstes lubatakse lühikesi läbiminevaidki pragusid (prao pikkus ≤ tala paksusest)
Putukkahjustused	Ei lubata
Pilud, ebatasasused	Lubatakse varjatud pindadel. Nähtavatel pindadel Maks pikkus 50 mm ja laius 10 mm
Mädanik	Ei lubata
Keerdkasv	Lubatakse vaid sellel määral, et kui palgi kuju selle mõjul oluliselt ei muutu
Oksad	On lubatavad
Oksapraod	Oksapraod ja lahtised oksad on väikesel Määral lubatavad
Mädanenud oksad	Ei lubata nähtavatel pindadel
Kooreoksad	Lubatakse eeldusel, et need ei ole nähtavatel Pindadel
Kujuvead	
Keerdusus	2 m pikkusel maksimaalselt tala laius/20
Servakõverus	2 m pikkusel maks 10 mm
Küljekõverus	2 m pikkusel maks 17 mm
Paigat	Lubatakse vähesel määral
Vaigupesa	Väikesi vaigupesi lubatakse
Sine	Ei lubata nähtavatel pindadel
Poomkant	Lubatakse vähesel määral, ilma kooreta, kuid mitte nähtavatel pindadel
Värviviga	Ei lubata määrdumist, kuid puu looduslikku värvierinevust lubatakse

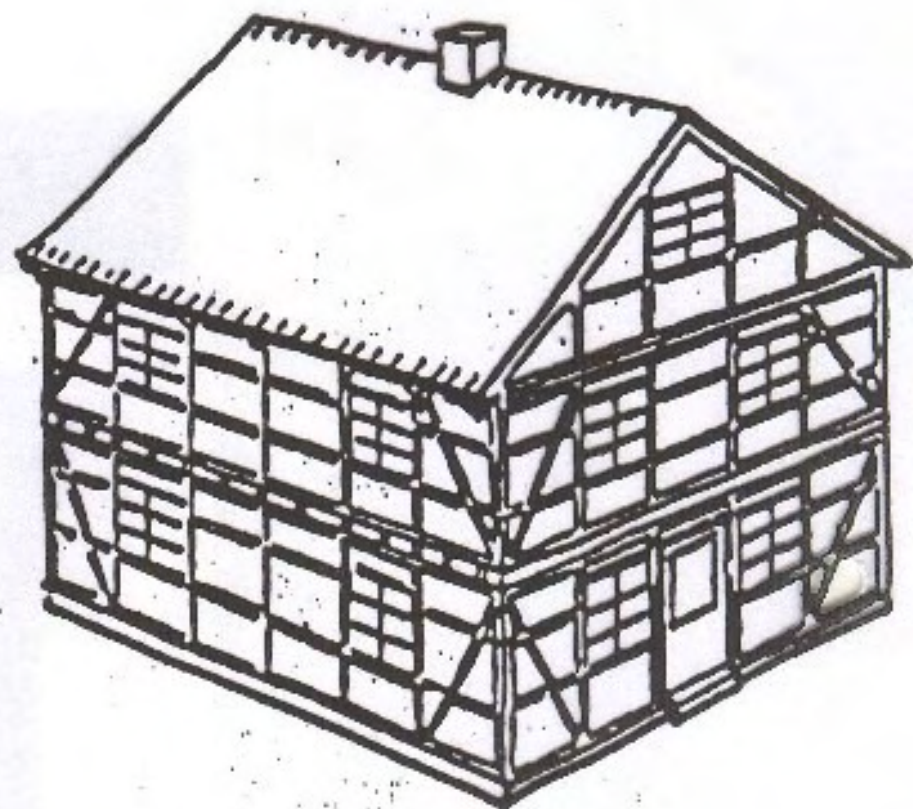
VI Korruselised karkasshooned (+ Tartu korrusmaja arvutusskeemid), sh termoprofiilidega välisseinad, puidust ruumlikud moodulid

Põhiliselt USA, Kanada, Põhjamaade, Saksa firmade eeskirjad + vastavad puitkonstruktsioonide alased Eesti (Euro) normid.

Soomes on välja antud ka sellealased RT-kortti -d:
Pientalon puurakenteet RT 82-10560 (1995)
Avoin puurakennejärjestelmä RT 82-10678 (1998)



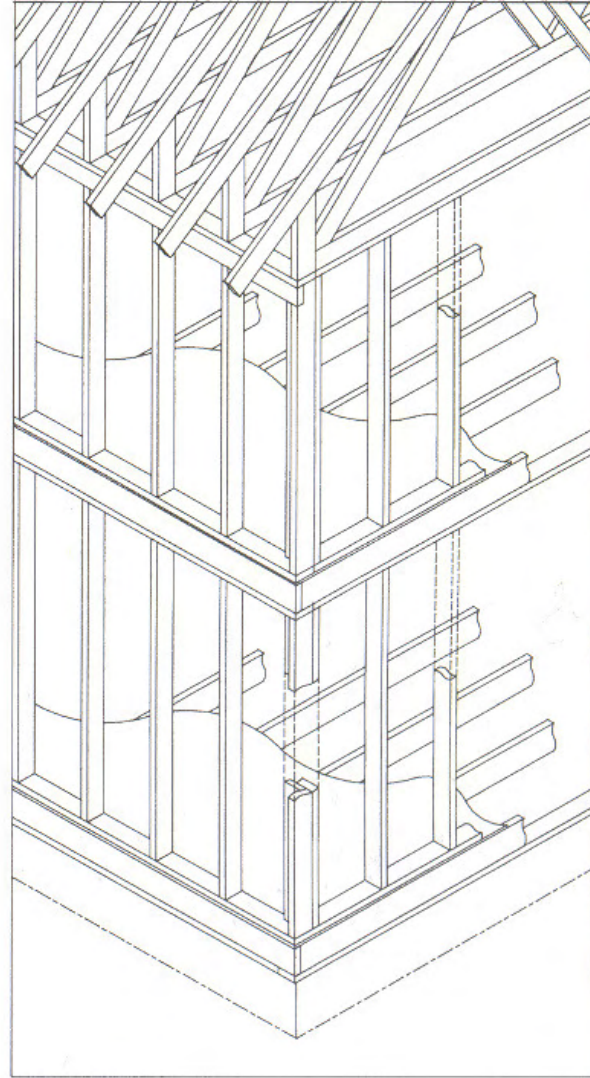
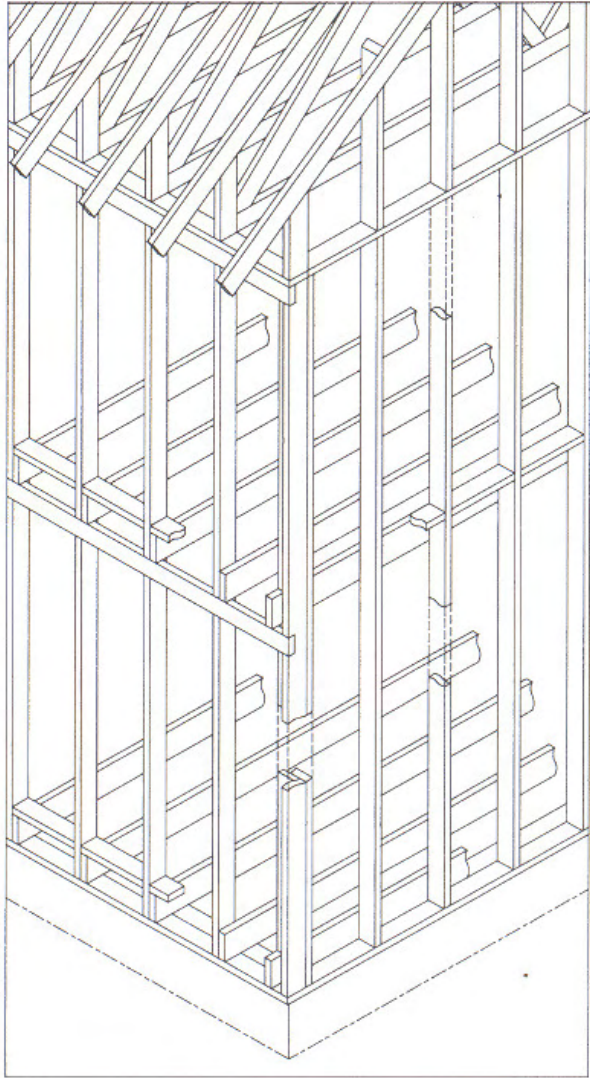
In holzärmeren Gegenden entwickelte sich der Ständerbau, (einzelne Holzstiele mit Fenstern dazwischen). Als Versteifung dienten Knaggen in der Fensterbrüstung

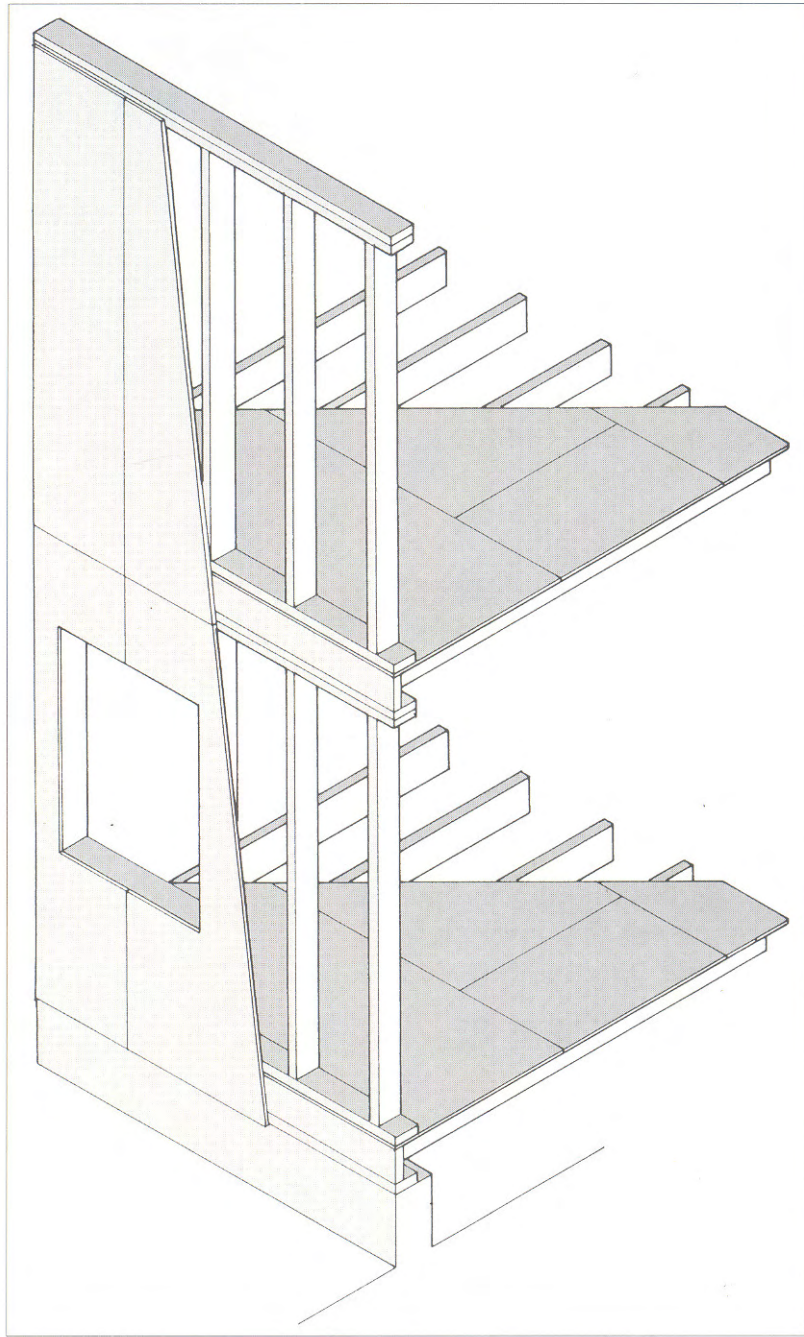


Im Gegensatz dazu steht die Rahmenbauweise mit vereinzelt liegenden Fenstern, mit Eckverstreibungen und Felderausfachung durch Weidengeflecht mit Lehmewurf





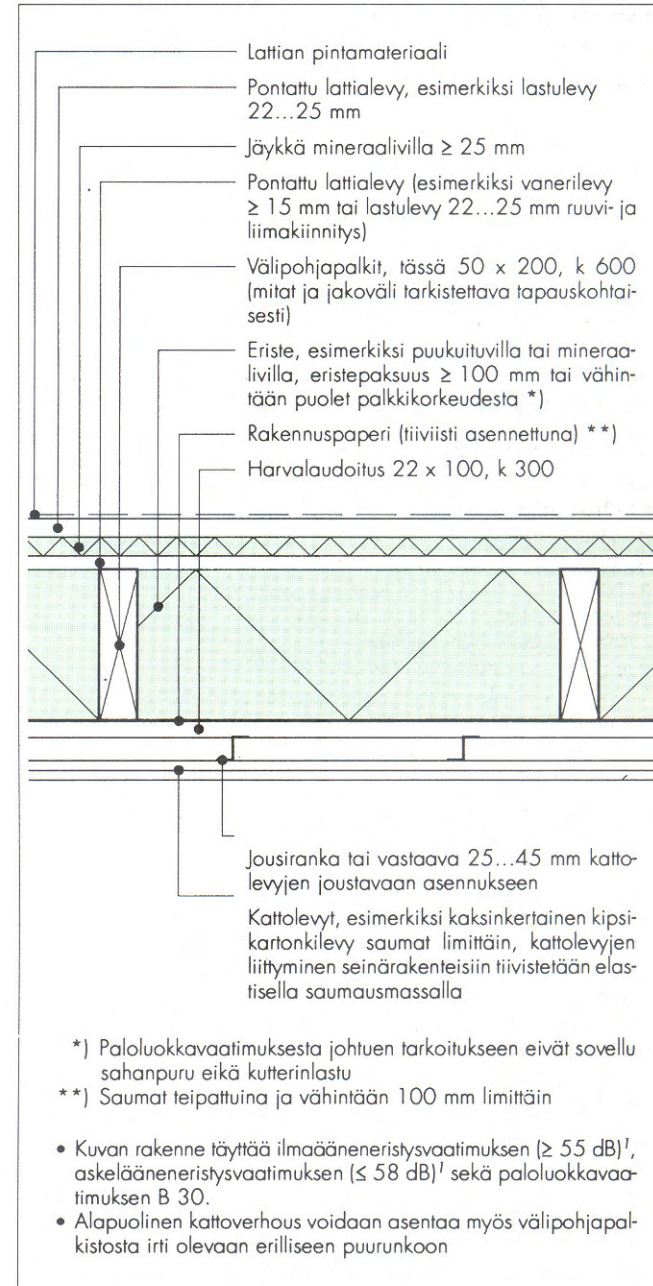
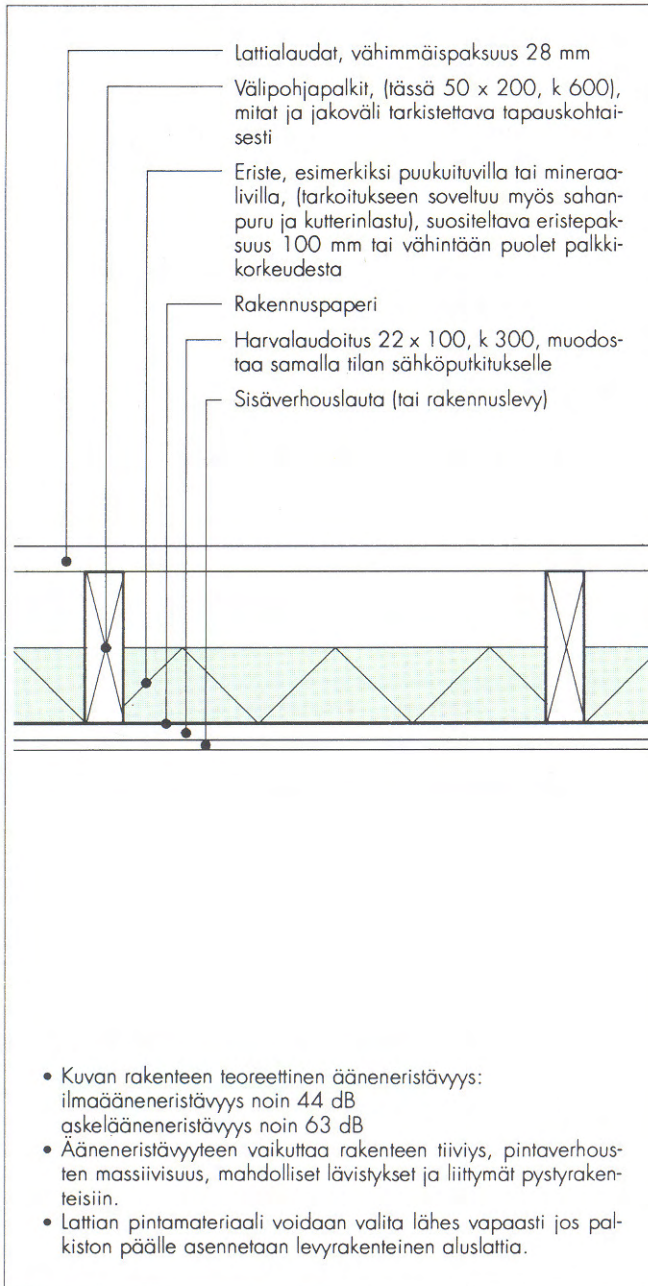


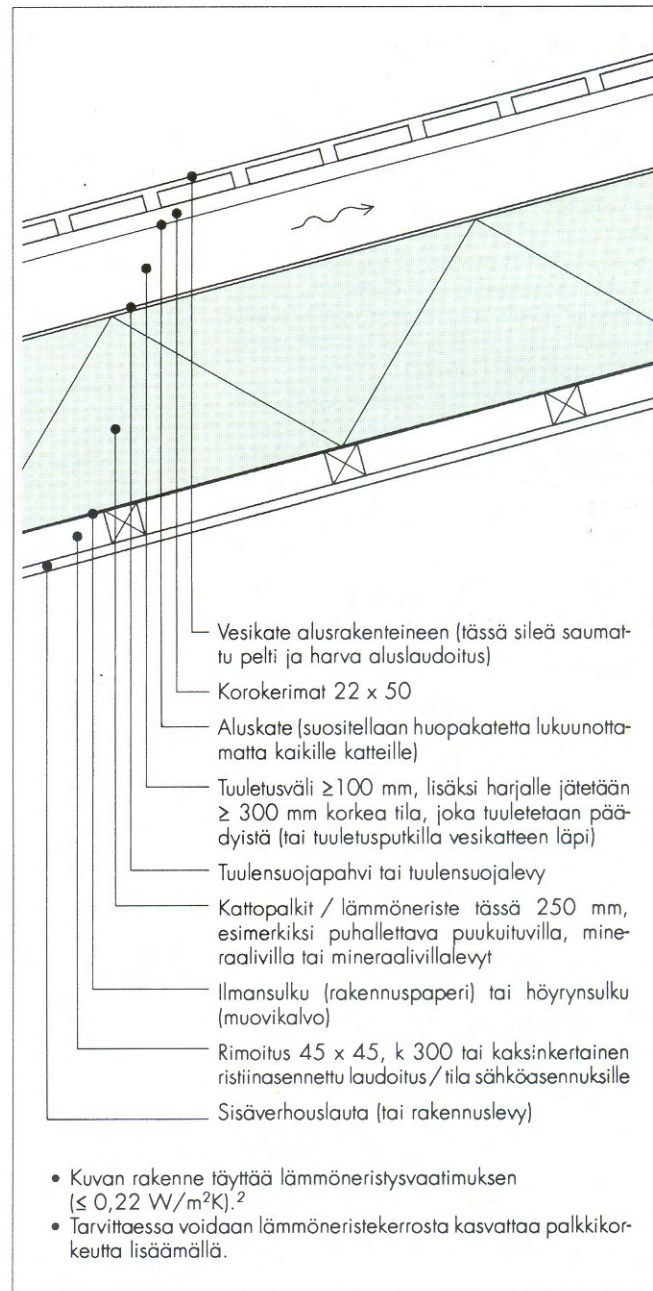
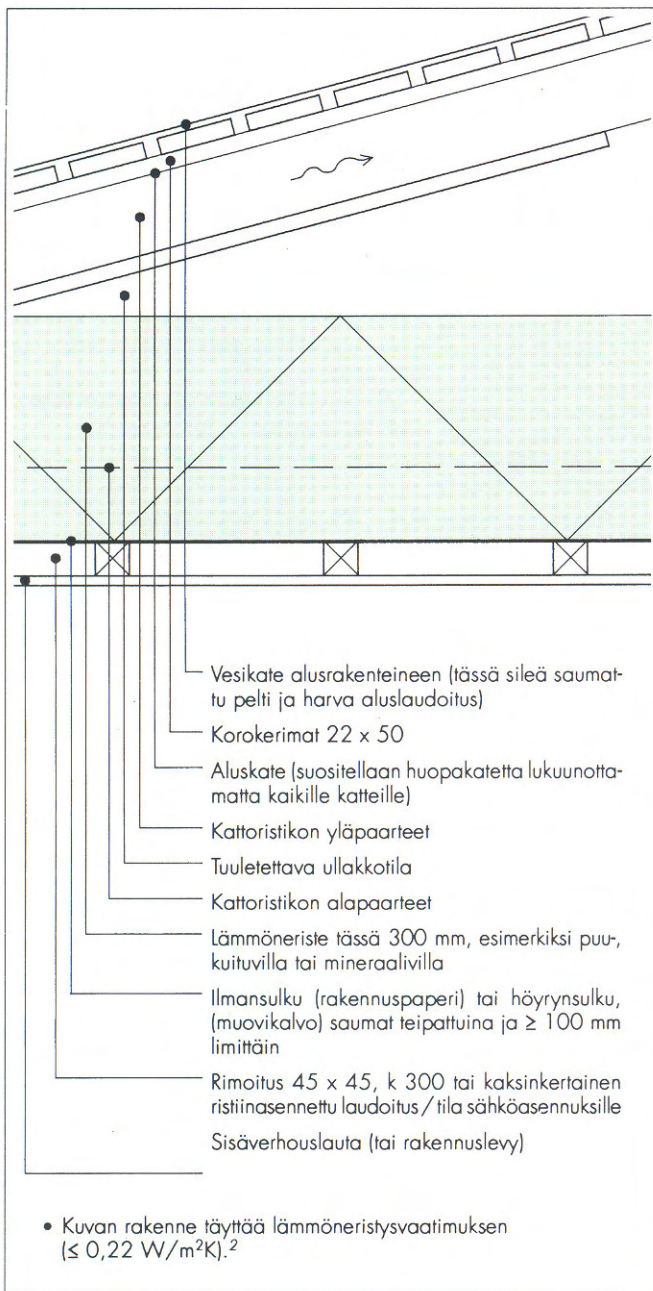


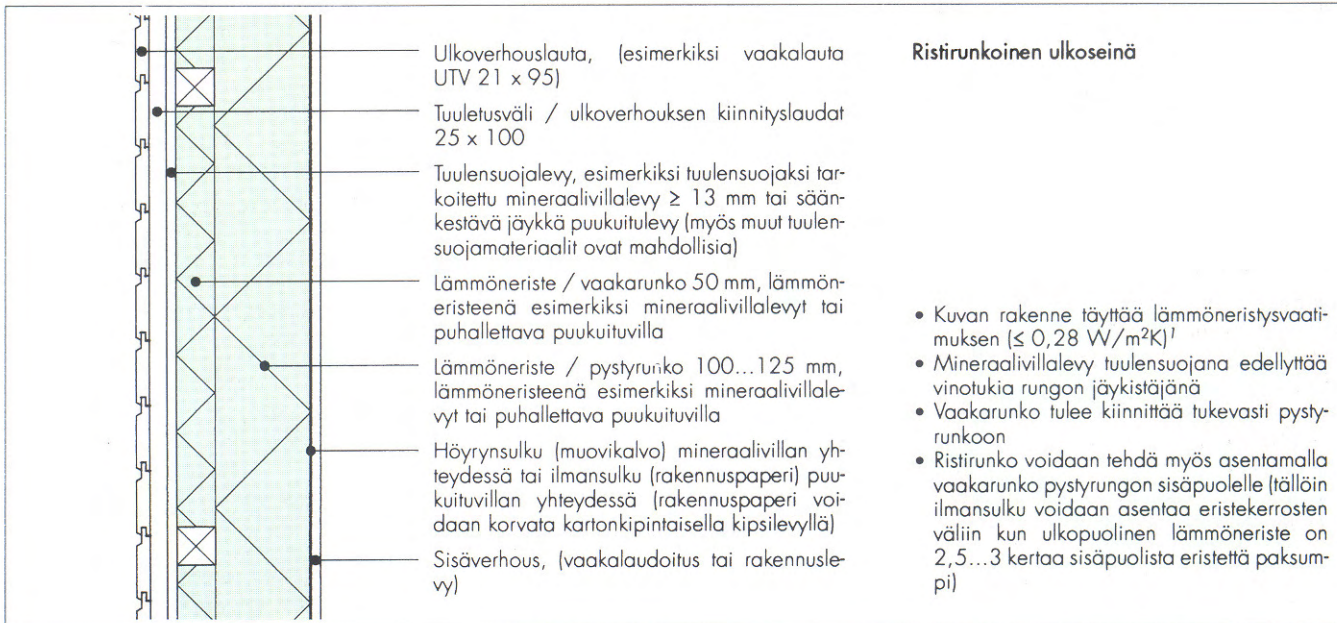
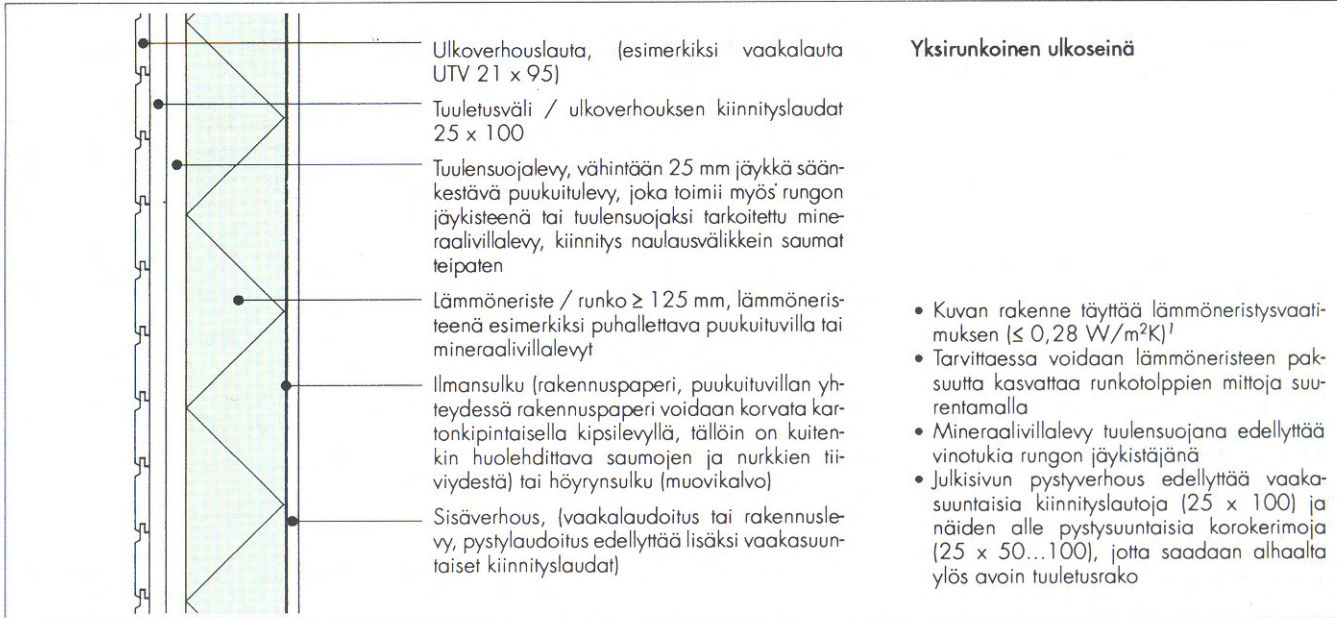


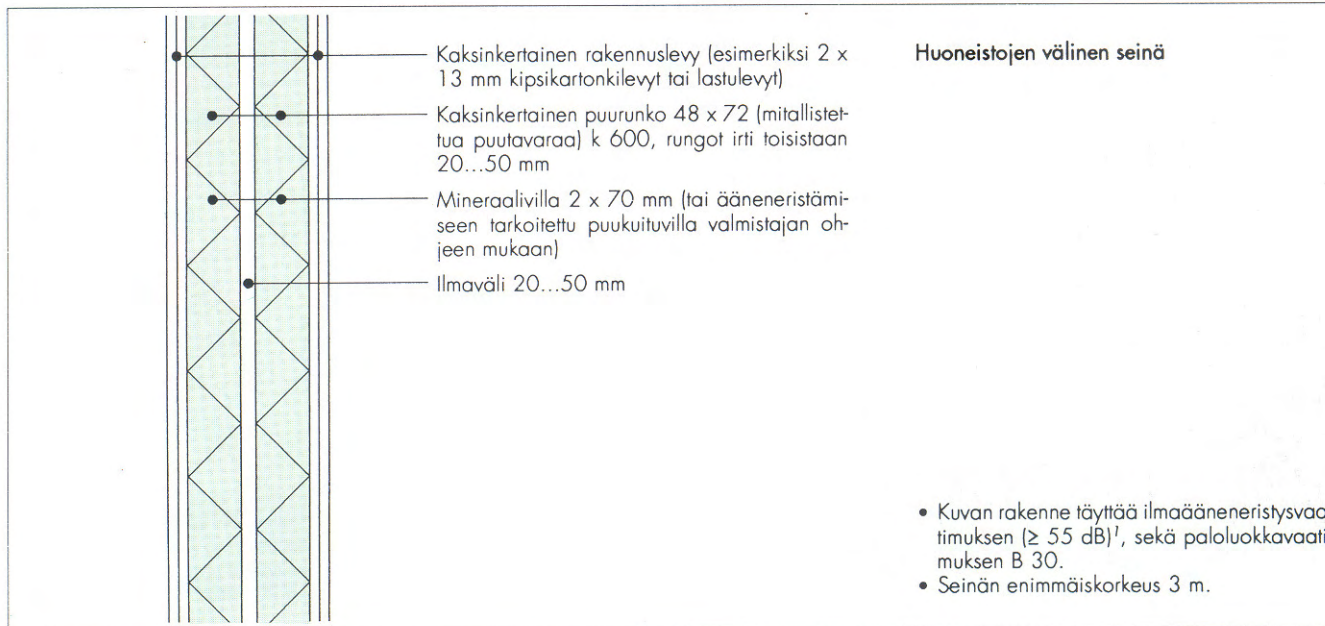
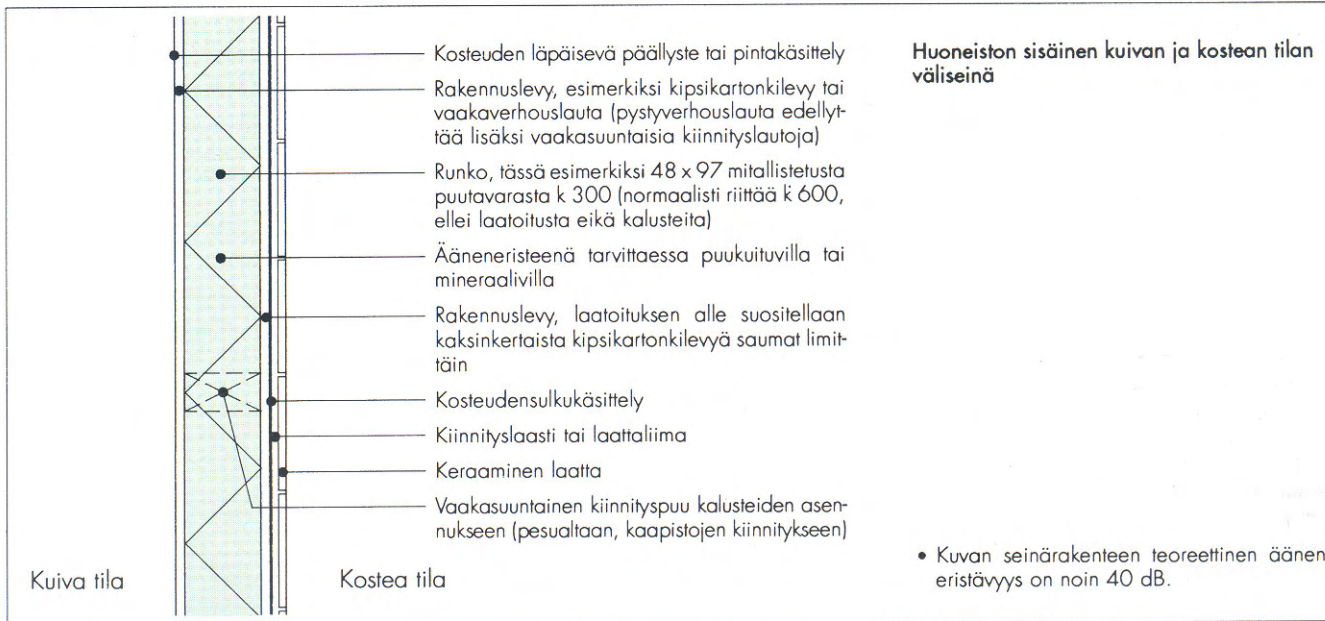


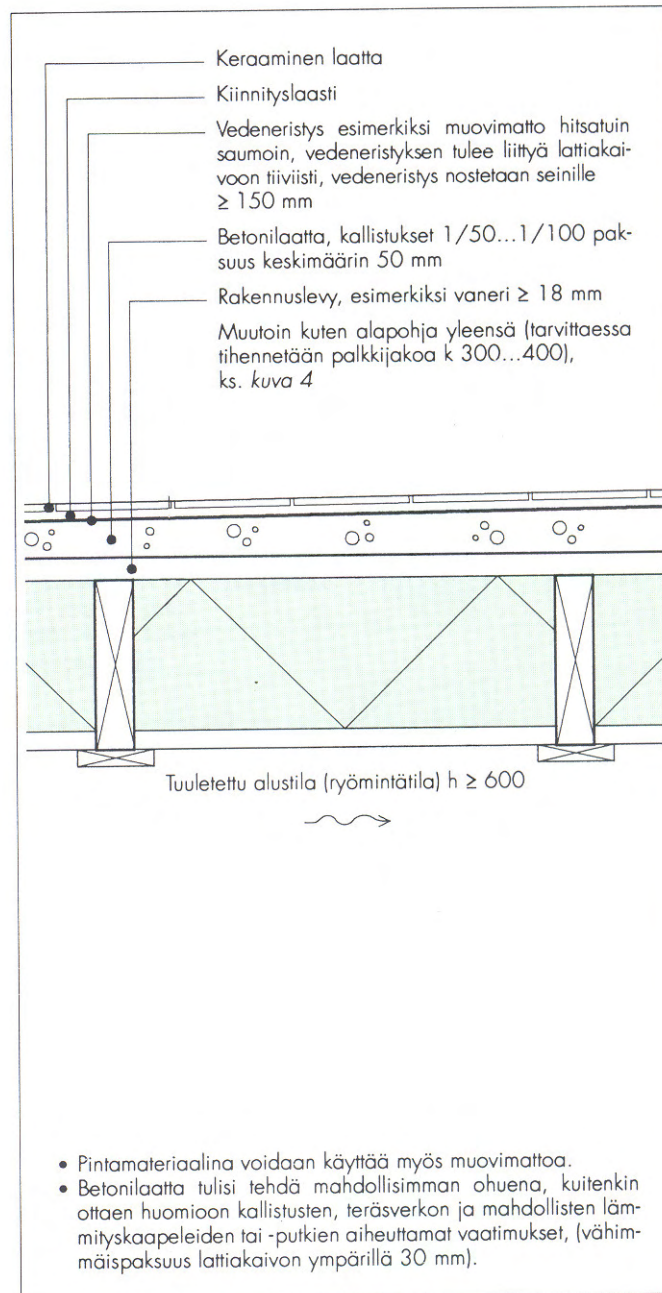


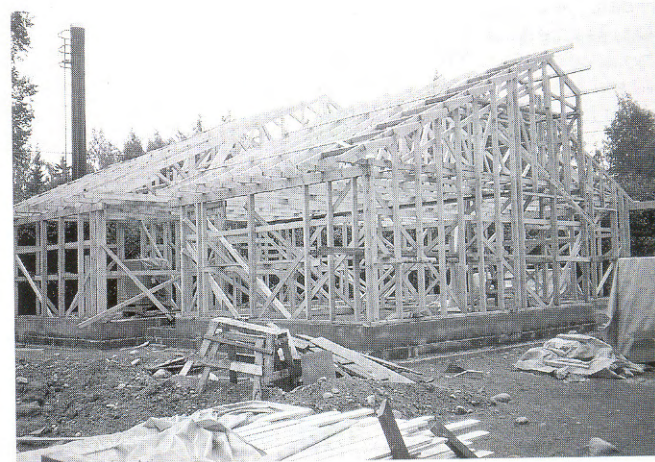
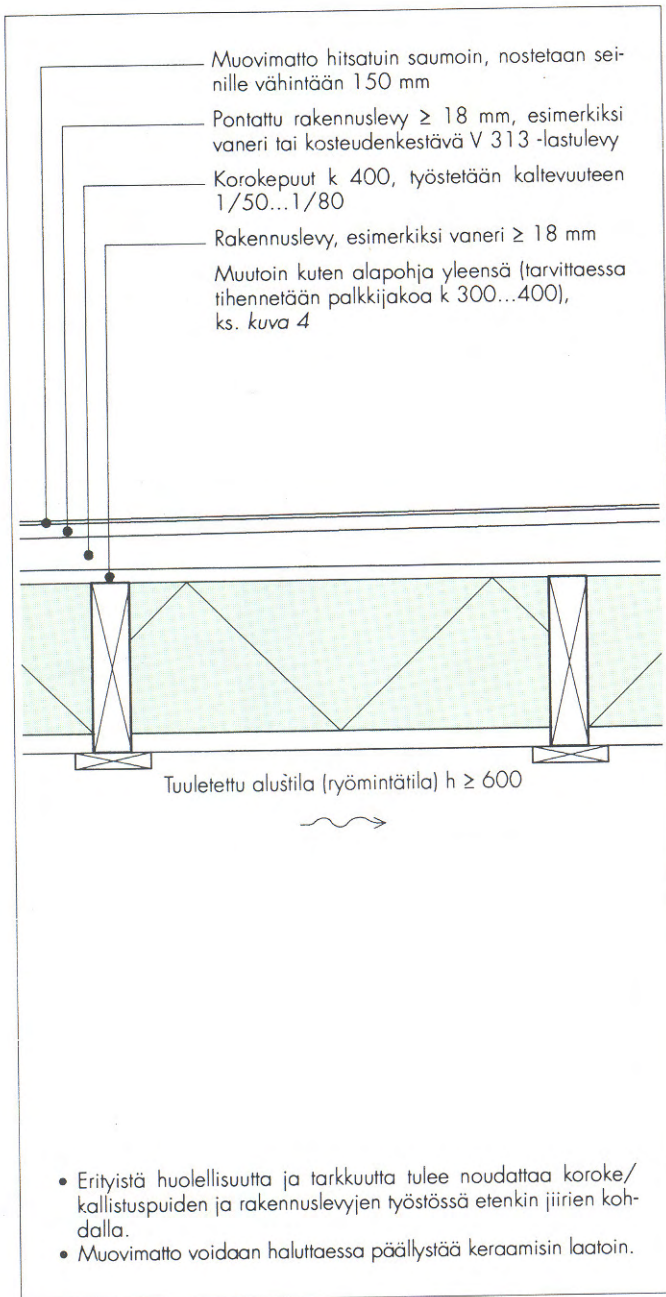




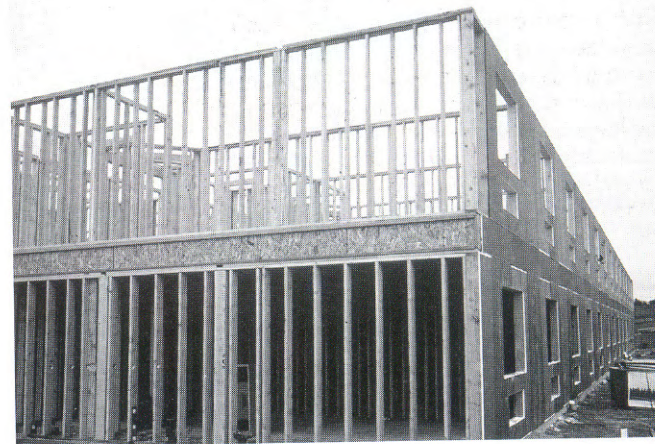


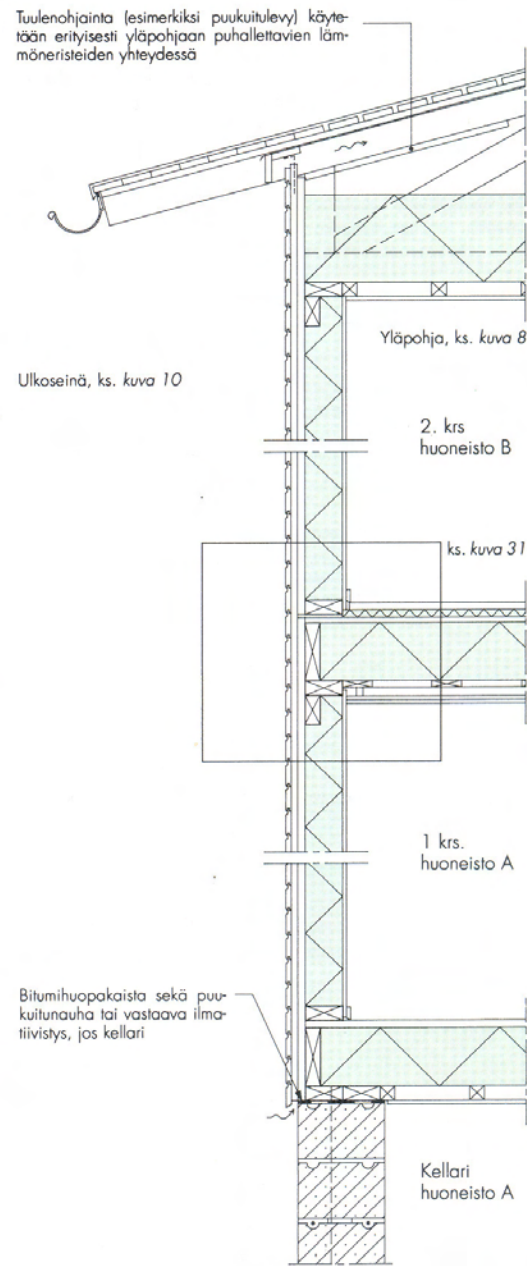
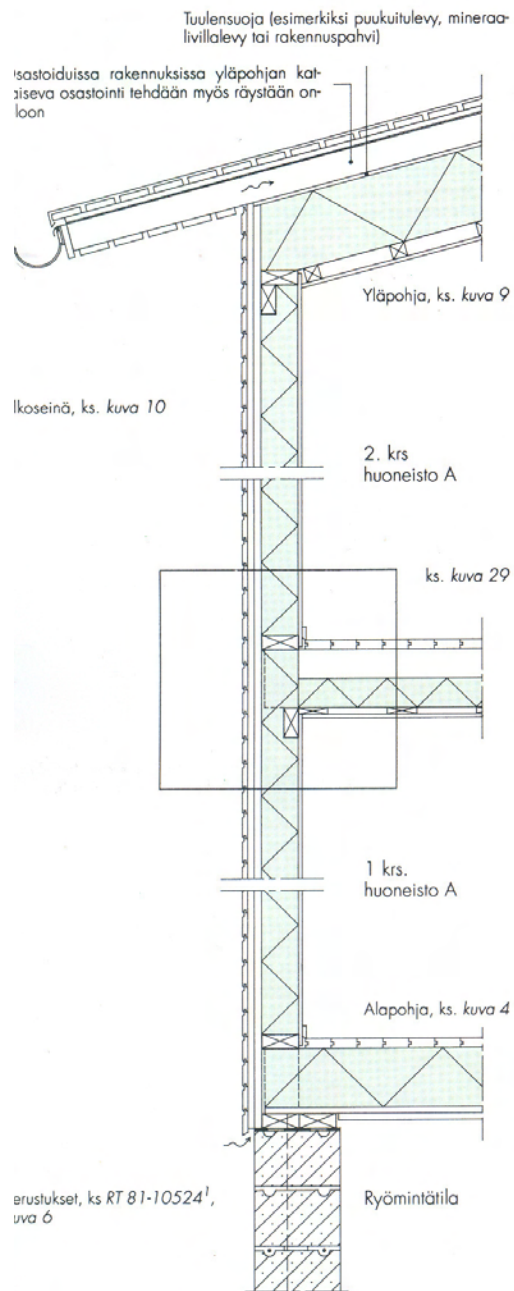


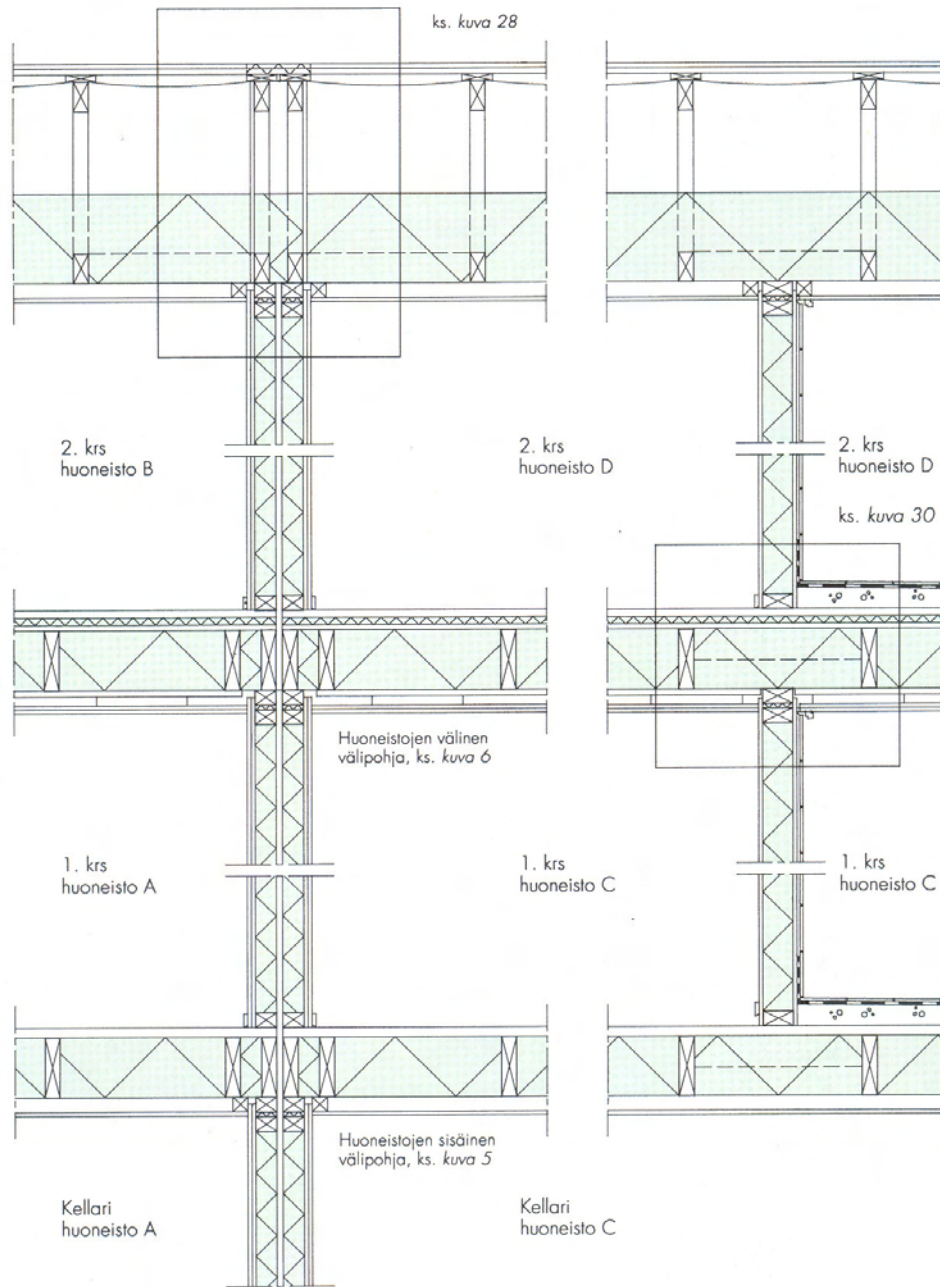


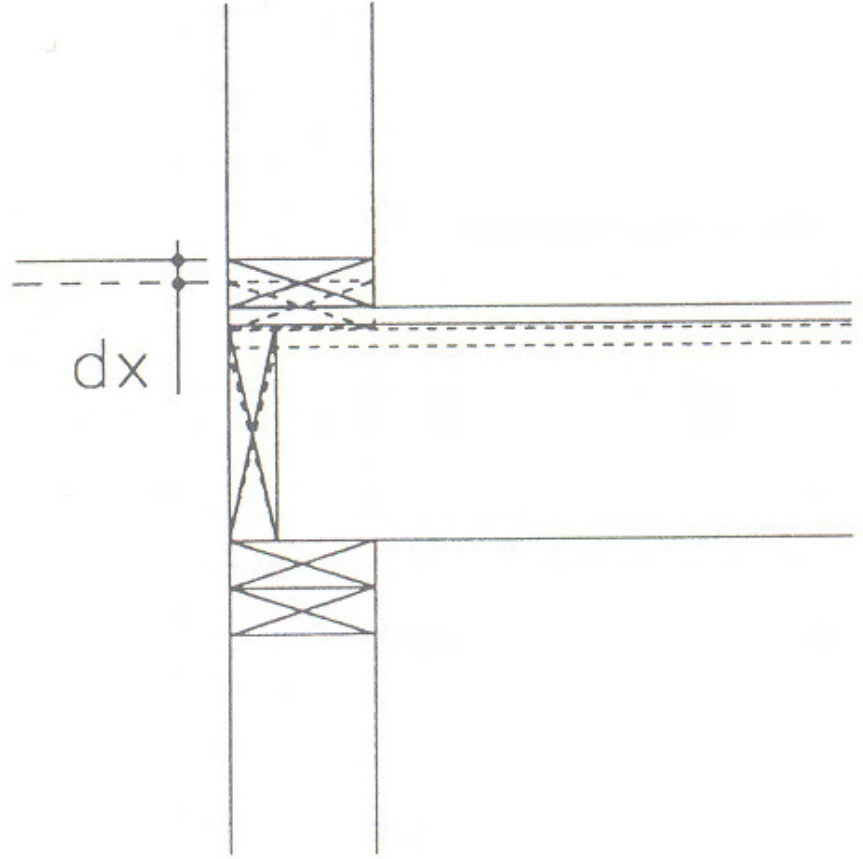
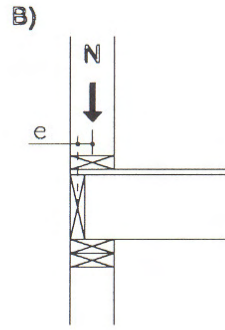
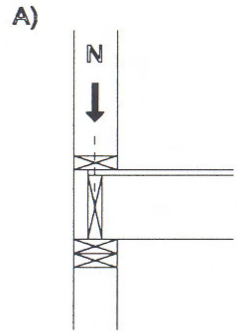
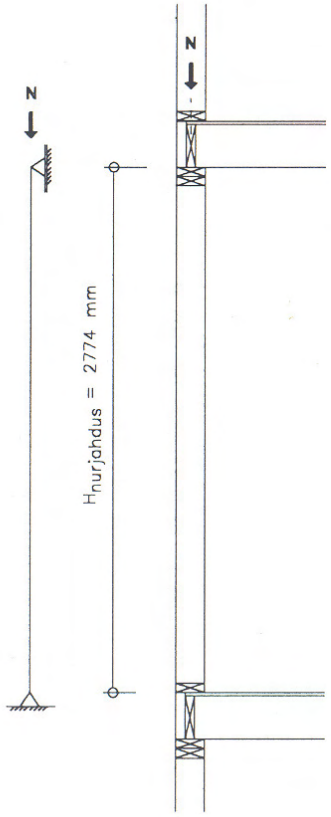


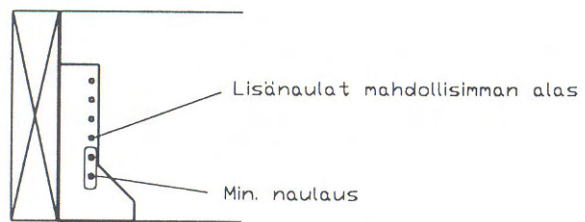
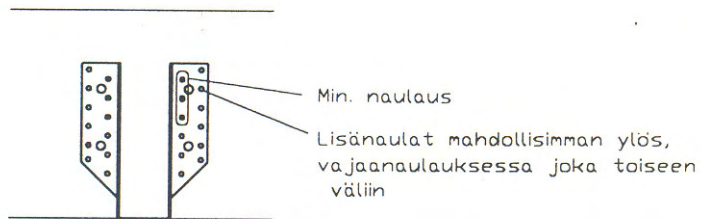
Kuva 16.
Puutalon rungon pystytys, vastaa kansikuvan vasemmanpuoleisessa osassa kuvattua runkojärjestelmää.

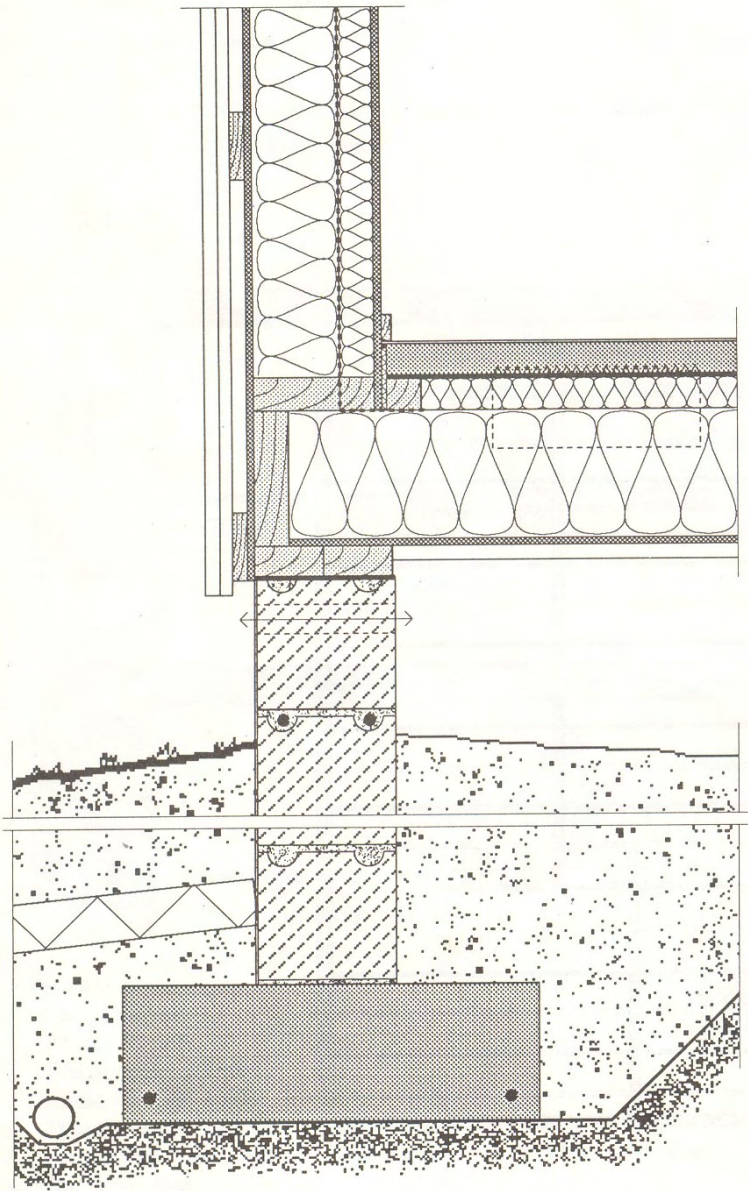












2 Bisherige Dächer mit Vordeckung

Die bisherige, in den Sparrengefachen belüftete Regelausführung mit einer bituminösen Vordeckung (z.B. V13) auf Schalung hat sich bei sachgerechter Ausbildung ohne jeden Zweifel bewährt (Bild 1). Sie hat aber aus heutiger Sicht einen schwer-

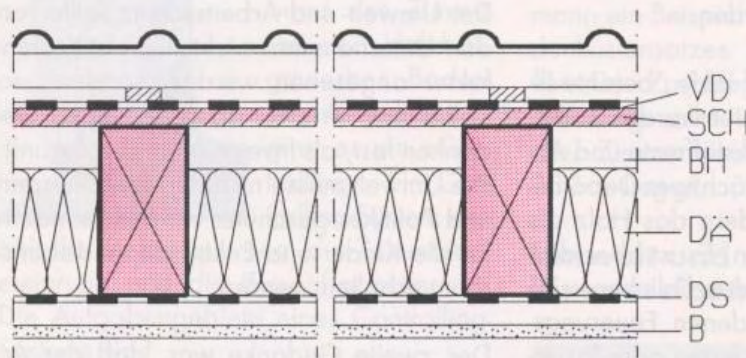


Bild 1: Derzeit typische Konstruktion des belüfteten Daches mit Vordeckung auf Schalung. VD Vordeckung (z.B. Bitumendach), BH belüfteter Hohlraum, SCH Schalung, DÄ Dämmschicht, DS Dampfsperre, B Bekleidung

wiegenden Nachteil: Sie macht nach DIN 68 800 Teil 3 einen chemischen Holzschutz der Sparren erforderlich (Gefährdungsklasse GK 2, d.h. Iv, P-Mittel). Bedingungen, unter denen bei einer solchen belüfteten Konstruktion abweichend von der Norm auf den chemischen Holzschutz verzichtet werden darf – wie es heute bereits für nicht belüftete Dächer möglich ist – sind noch nicht in Sicht.

Will oder soll man also auf den chemischen Holzschutz verzichten – und der Tag »X« hierfür rückt immer näher – dann muß man auf die Belüftung verzichten, so leid es dem einen oder anderen tun mag. Aber der einwandfrei belüftete Dachquerschnitt ist bei unseren heutigen »Dach-Landschaften« oft ohnehin nur noch Illusion.

Die Forderung der GK 2 in DIN 68 800 Teil 3 für belüftete Dächer liegt darin begründet, daß zum einen ein unkontrollierbarer Insektenbefall möglich ist (hierfür würde zunächst auch die Gefährdungsklasse GK 1, d.h. die Anwendung von Iv-Mitteln, ausreichen) und daß zum anderen ganz allgemein, d.h. unabhängig vom jeweiligen Aufbau, eine Feuchtegefährdung, z.B. bei behinderter Belüftung, und damit Pilzwachstum nicht ausgeschlossen werden kann.

Deshalb kann z.B. der Vorschlag, die belüfteten Sparrengefache an ihrem unteren und oberen Ende durch engmaschige, insektenundurchlässige Gewebe abzudecken, nicht als ernstgemeinter Beitrag angesehen werden, da bei einer solchen Ausbildung der Hohlraum wenn nicht schon von Anfang an, so doch aber schon nach kurzer Zeit nicht mehr als »belüftet« angesehen werden kann (Bild 2).

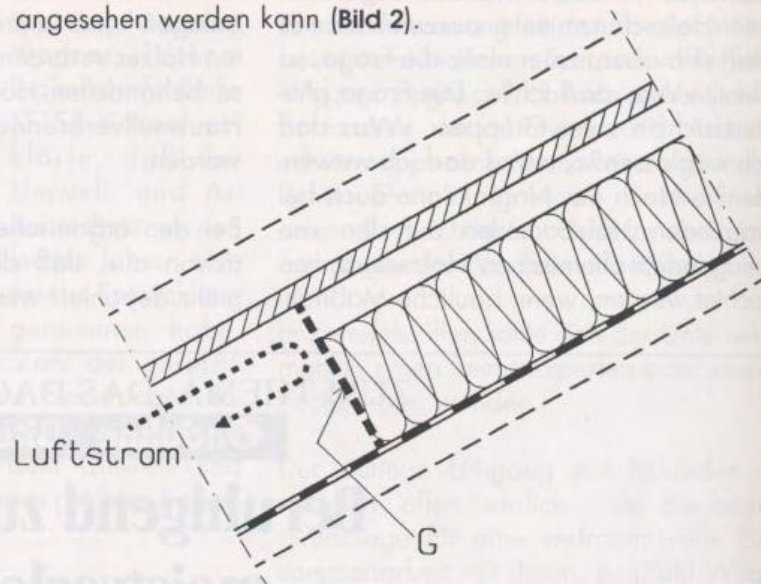


Bild 2: Ungeeignete Ausbildung eines »belüfteten« Dachquerschnittes, da ein engmaschiges Gewebe (G) die ausreichende Belüftung des Querschnittes beeinträchtigt oder verhindert.

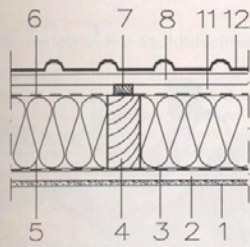


Bild 1: Geneigtes Dach mit diffusionsoffener Unterspannbahn ($s_d \leq 0,2 \text{ m}$) und Dampfsperre

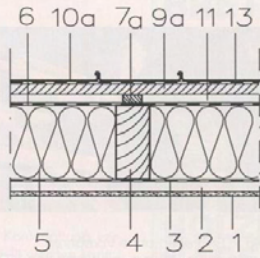


Bild 4: Geneigtes Dach mit Sonderdeckung (z.B. Blech, Schiefer) auf Schalung. Unterspannbahn diffusionsoffen ($s_d \leq 0,2 \text{ m}$), mit Dampfsperre

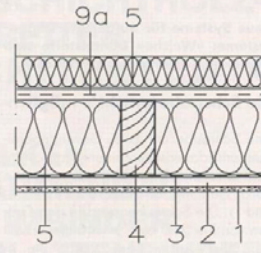


Bild 7: Decke unter nicht ausgebautem Dachgeschoß, nicht belüftet, mit aufliegender Dämmschicht

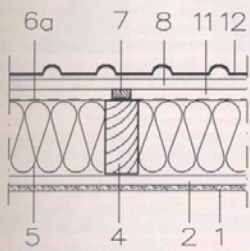


Bild 2: Geneigtes Dach mit extrem diffusionsoffener Unterspannbahn ($s_d \leq 0,02 \text{ m}$), ohne Dampfsperre

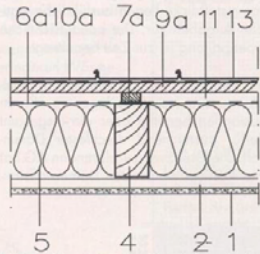


Bild 5: Geneigtes Dach mit Sonderdeckung (z.B. Blech, Schiefer) auf Schalung. Unterspannbahn extrem diffusionsoffen ($s_d \leq 0,02 \text{ m}$), ohne Dampfsperre

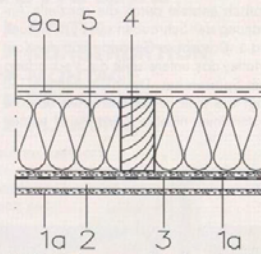


Bild 8: Decke unter nicht ausgebautem Dachgeschoß, nicht belüftet, mit zusätzlicher Installationsebene an der Unterseite

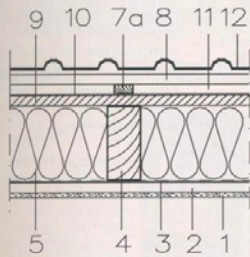


Bild 3: Geneigtes Dach mit Vordeckung auf Sparschalung

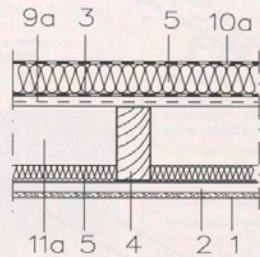


Bild 6: Flachdach

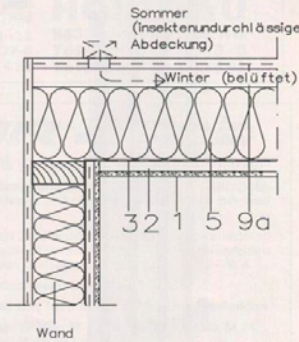


Bild 9: Decke unter nicht ausgebautem Dachgeschoß; während der kalten Jahreszeit belüftet, während der Sommermonate durch insektenundurchlässige Abdeckung der Zu- und Abluftöffnung gegen den Zutritt von Insekten geschützt

tsgefähr-
orgungs-
ngszone
immstoff-
möglich,
Wärme-
n durch
rch die
dürften
die Holz-
nierung,
lüftungs-
offener
fsperre.
en, spä-
den
exktionen
Zusatz-
schig
n Be-
d An-
ig
nter l
da-
mm-
offen
fusions-
rich
0 mm,
n diffu-
Schie-

Moodulitest koostatavad korruselised karkasshooned







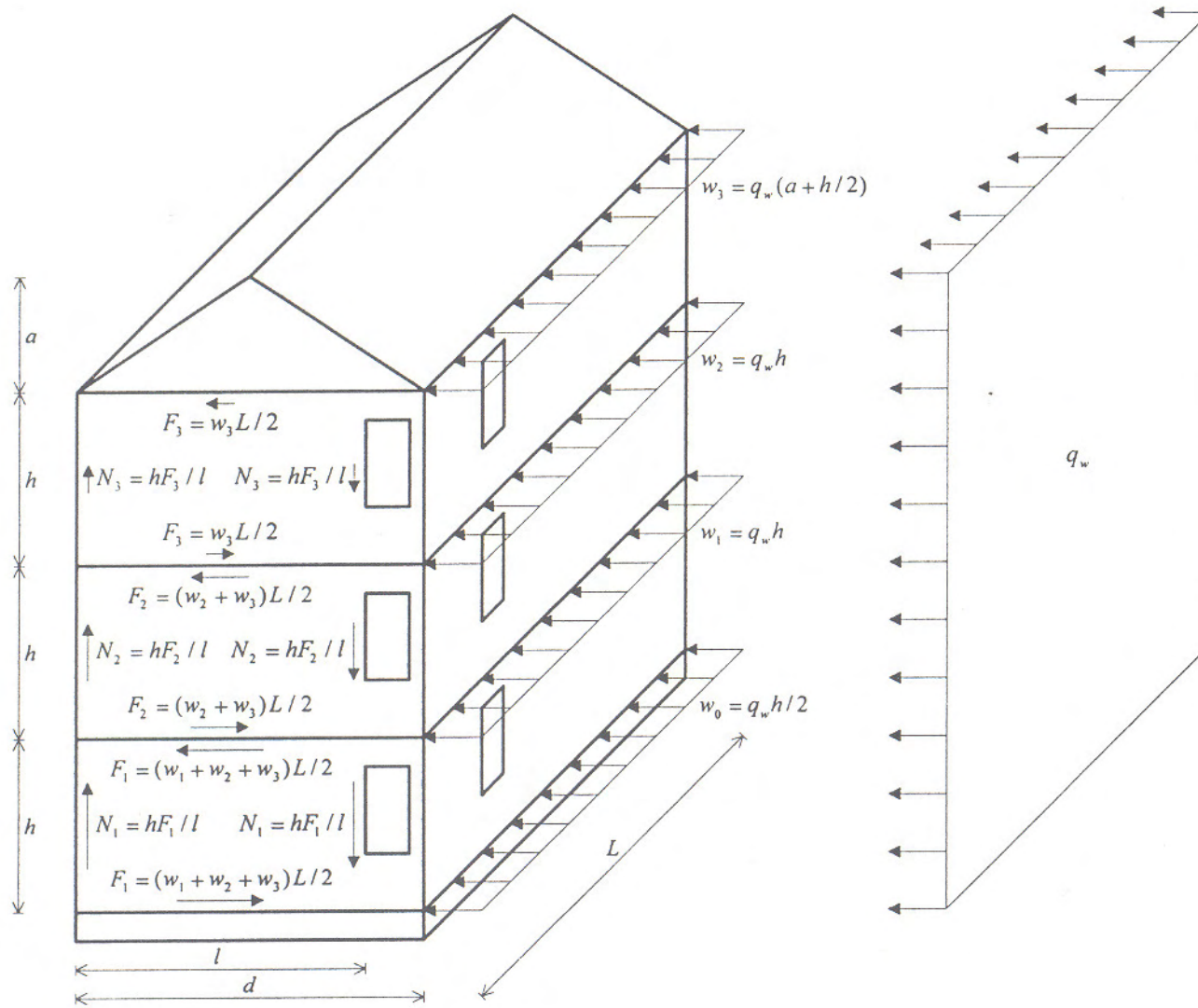




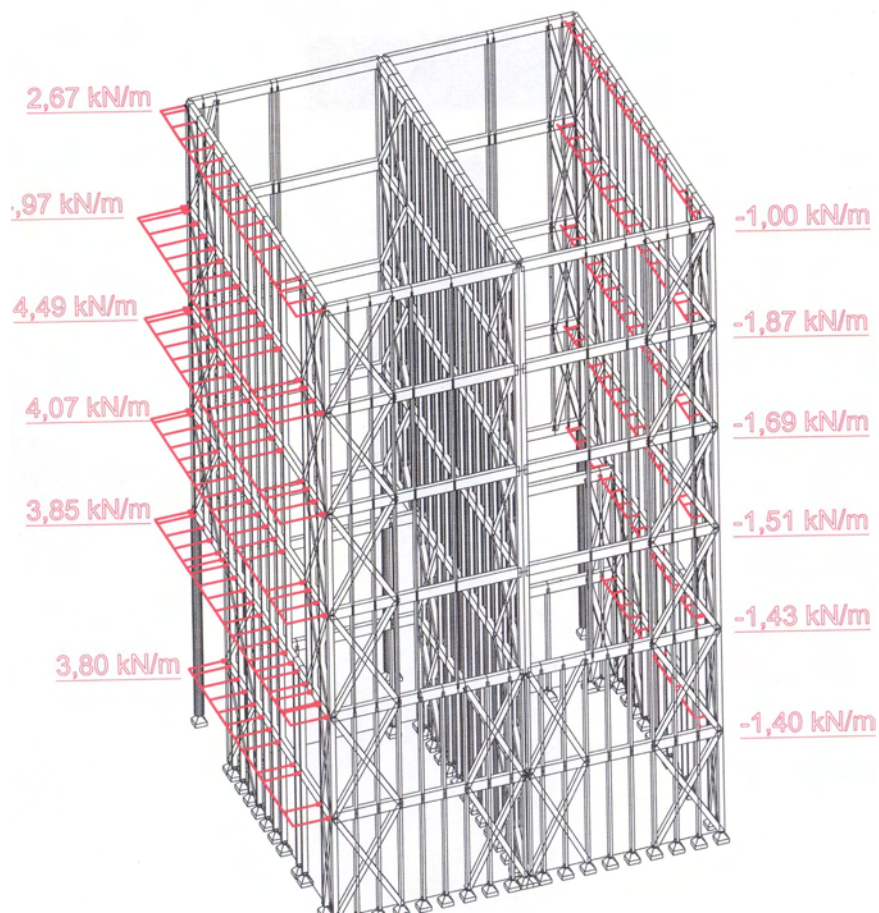


VI Korruselised karkasshooned

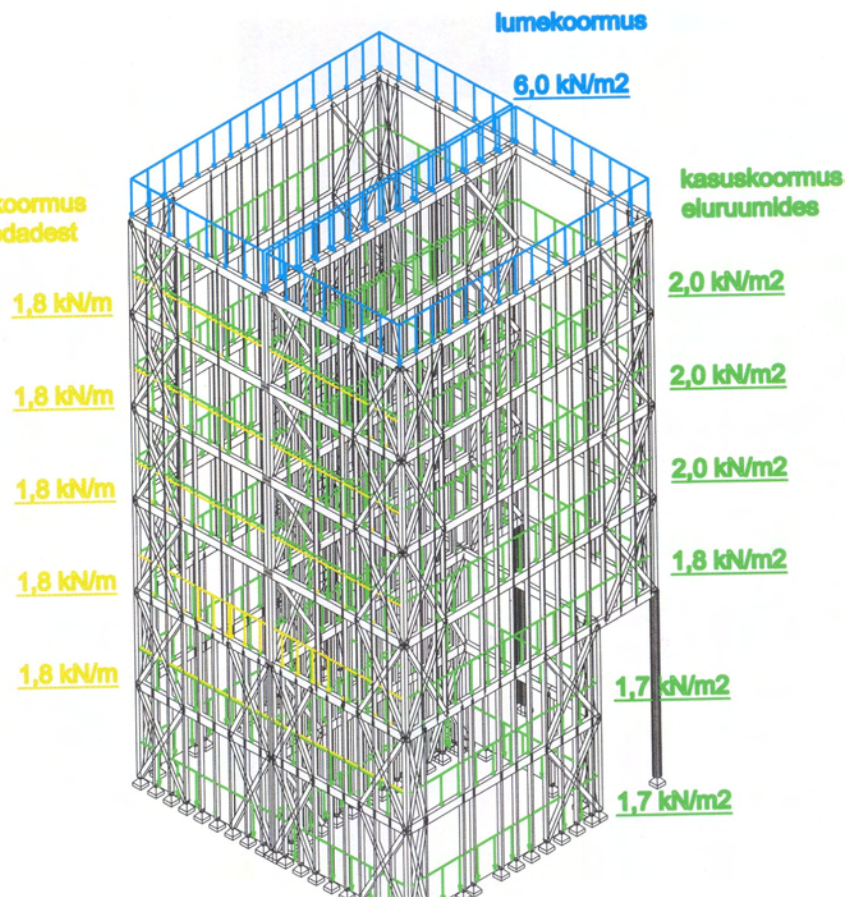
- Arvutus ja konstrueerimine

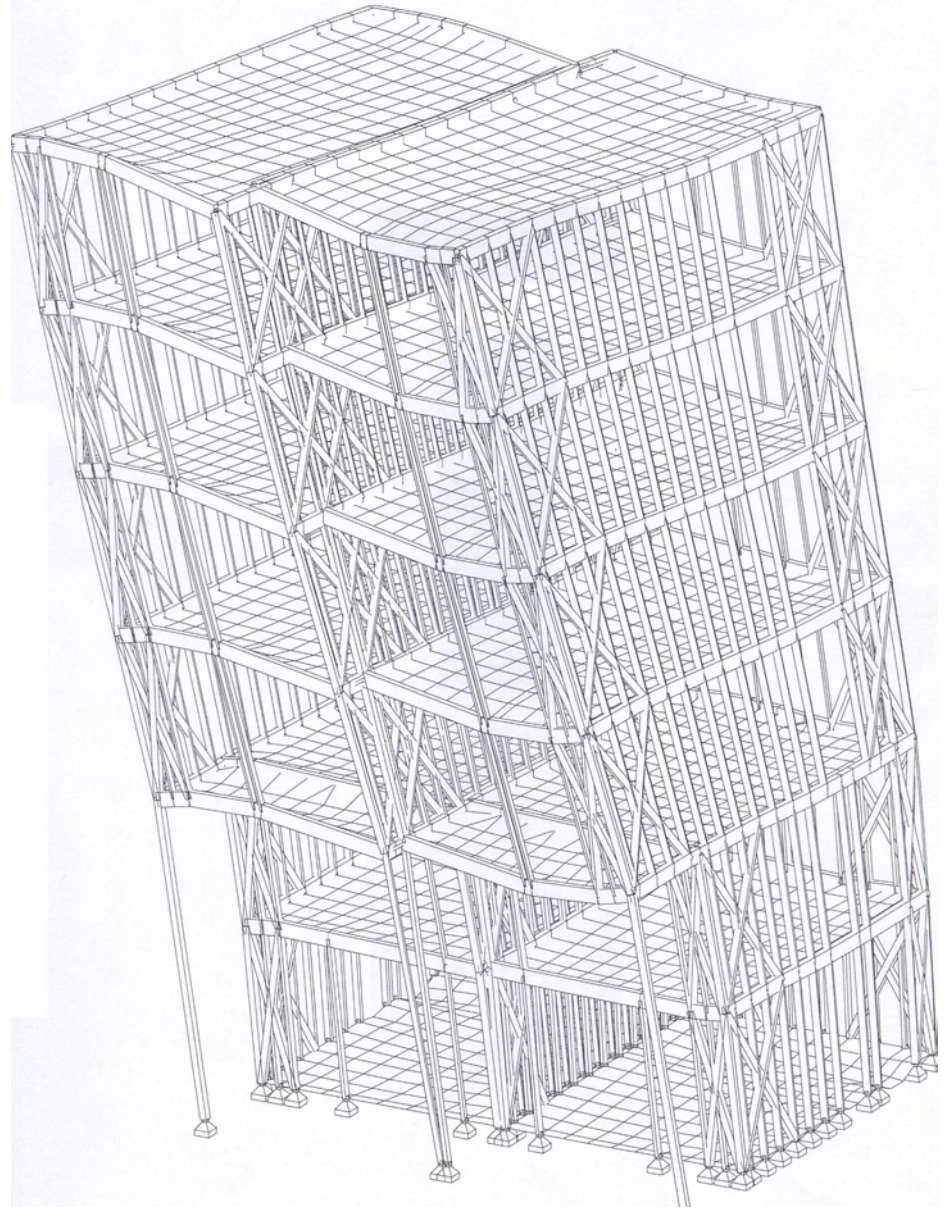
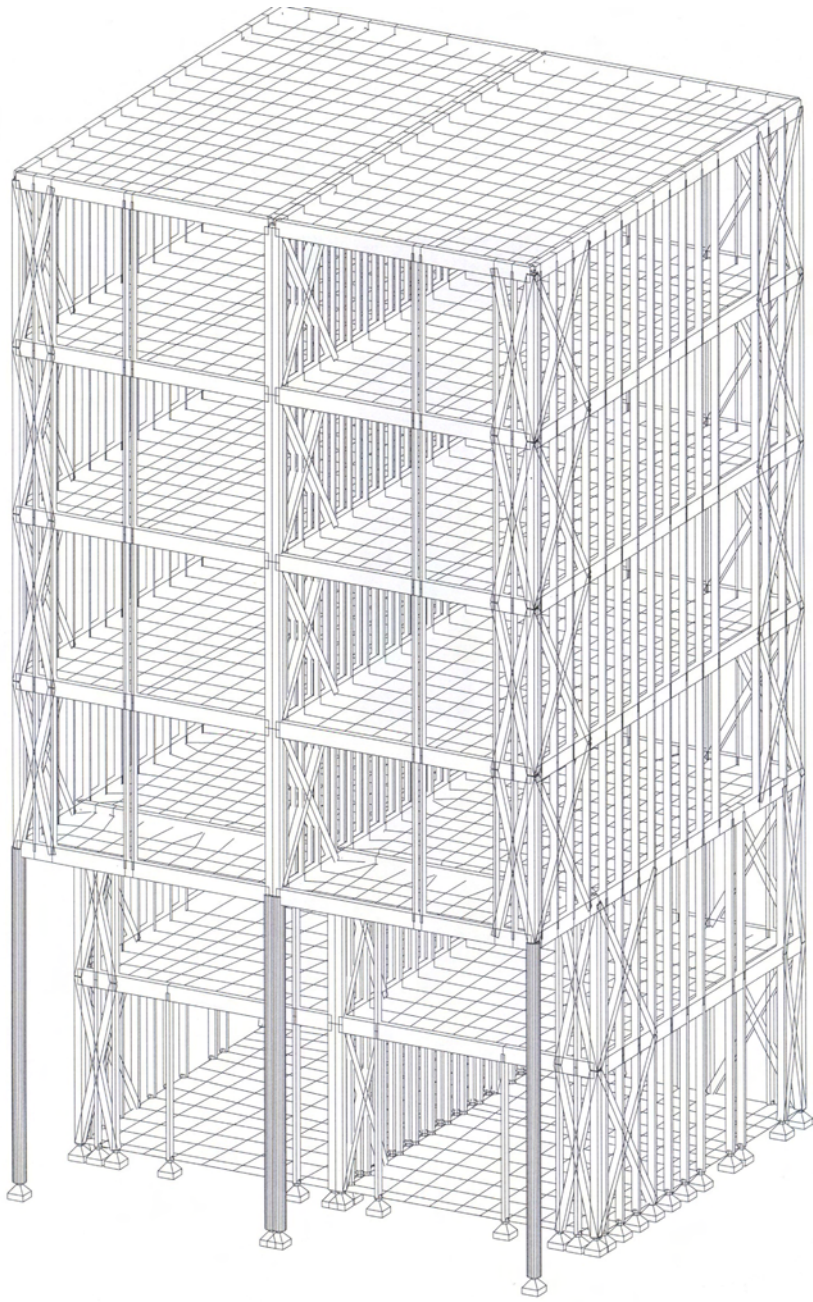


TUUL LÄÄNEST.
Normatiivsed koormused



LUME- ja KASUSKOORMUSED.
(normatiivsed)





Platvormjätku juures kokkusurutavuse (muljumine + kuivamine) määramine

Jätku kohal kokkusurutavus on tingitud muljumisdeformatsioonidest (ristikiudu) kui elementite kuivamisel tekkivast paksuste vähenemisest.

Arvutusnäide:

Puidu niiskus 15...24 % (keskmiselt 20 %)

Puidu põiklõike kahanemine on 1%, kui see on kuivanud 4%. Kui karkassipuit on kuivanud niiskuseeni 12%, ehk 8%, siis kahanemine algsest mõõdust on 2%.

Vahelae kohal, kus horisontaalelementide paksus on 48 mm ja vahelae talad 220 mm, saab puidu ristsuunaliseks kahanemiseks:

$$0,02 \times (3 \times 48 + 220) \text{ mm} = 7,3 \text{ mm/korruse kohta}$$

Platvormjätku juures kokkusurutavuse (muljumine + kuivamine) määramine

Kokkusurutavus survest:

Kui keskmine survepinge karkassiposti all on 2,0 N/mm² (omakaal ja 30% kasuskoormusest) ja puit on C18 (E = 180 N/mm²), siis

$$2,0/180 = 0,011, \dots \sigma/E = \varepsilon$$

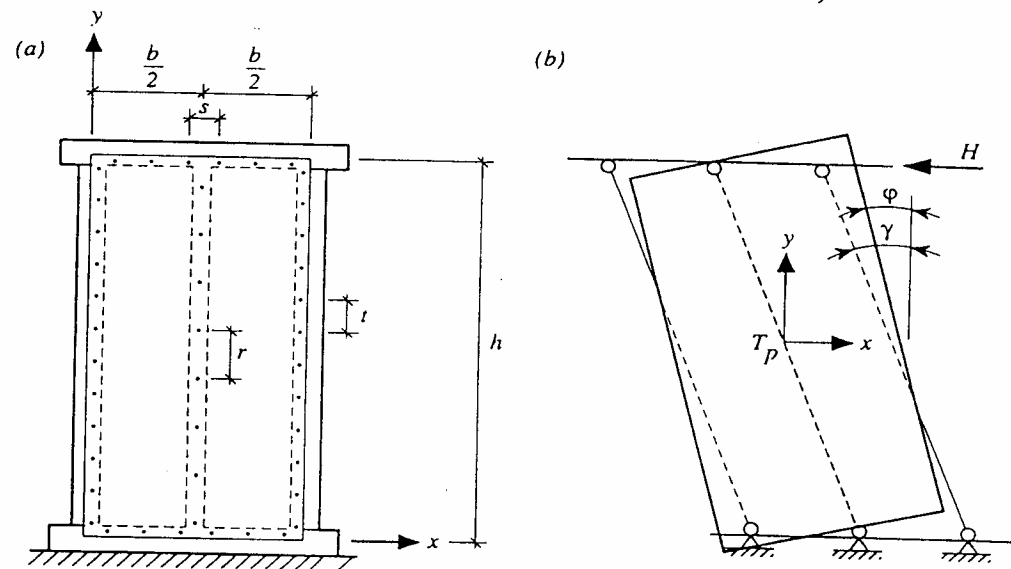
$$0,011 \times (3 \times 48 + 200) = 4 \text{ mm/korrus}$$

$$\text{Ehk } 7,3 + 4,0 = 11,3 \text{ mm/korrus}$$

VI Korruselised karkasshooned

Seinafragmendi - diafragma horisontaalse kandevõime määramine

Arvutatakse joon. 6.1 esitatud seinadiafragma horisontaalne kandevõime H_d , kus $b = 1200$ mm ja $h = 2400$ mm. Sidemete (kruvide) samm on järgmine: $s = 150$ mm põikribis, $t = 150$ mm äärmises ribis ja $r = 150$ mm keskmises ribis. Olgu kõikide liidete arvutuslik kandevõime 0,2 kN.



Joon. 6.1 a) Tüüpiline seinaelement -diafragma, b) staatilise töötamise skeem

Liidete löikejõudude arvutamisel võib kasutada lihtsustatud töötamise mudelit, mis lähtub lineaarsest ja elastsest töötamisest ja sellest oletusest, et üksikute puitelementide omavaheline ühendus on šarniirne ning et alumise serva tõus on takistatud. Samuti oletatakse, et talaelemendid ja seinaplaadid on täiesti jäigad painde ja löike suhtes.

VI Korruselised karkasshooned

Nende oletuste puhul on liidetevaheline lõikejõudude jaotus lineaarne ja see arvutatakse järgmiselt:

$$F_{x_i} = H \cdot h \cdot y_i / \sum y_i^2 \quad \text{ja} \quad F_{y_i} = H \cdot h \cdot x_i / \sum x_i^2$$

kus x_i, y_i - on konkreetse liite tegelik koordinaat,

F_{x_i} ja F_{y_i} - liidete x ja y suunalised jõukomponendid, kui liide on kohas x_i ja y_i ,

H - seinaelemendile mõjuv summaarne lõikejõud,

h - seinaelemendi kõrgus,

$\sum x_i, \sum y_i$ - liidete kauguste ruutude summad.

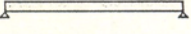



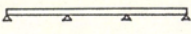




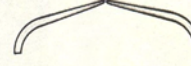
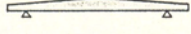




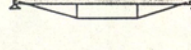
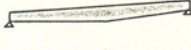


Edasi vt arvutusnäide wordis.

VII Suureavaliste hoonete, saalide (Estonia), jne erinevad liimpuitkonstruktsioonid (katus, postid, sein)

Suureavaliste hoonete avade liimpuidust kandekonstruktsioonidena võidakse kasutada mitmesuguseid konstruktsiooni tüüpe:

- suuresildelised talad, sh muutuva kõrgusega ühekaldelised, kahekaldelised, altkõverusega (bumerangid), armeeritud, eelpingestatud, jne
- Sprengelsüsteemid, ... vanttoetusega
- raamid, sh sõrestikraamid
- kaared, sh sõrestikkaared
-

Liimapuurakenteiden luontaiset jännevälialueet ja tyypilliset käyttötarkoitukset

	Nimitys tai staattinen systeemi Käyttöalue	Jänneväli alue m		Nimitys tai staattinen systeemi Käyttöalue	Jänneväli alue m
	Suora palkki Välitasot, laiturit, sillanosturiradat, lasakatot, kuljettimet, sillat	10...35		Yhdistetty kolminivelkehä Maatalouden tuotantorakennukset, urheiluratsastushallit, varastorakennukset	18...40
	Kalteva palkki Yläkatot, kuljettimet	10...35		Kytetty kolminivelkehä Urheiluratsastushallit, tuotantorakennukset, varastorakennukset	18...40
	Jatkuva palkki Kattoorriet, laiturit, sillanosturiradat, lasakatot, kuljettimet, sillat	12...30		Kaksinivelkaari Urheiluratsastushallit, kasvihuoneet, jalankulkusillat	20...40
	Putkittu katto Jälleenrakentaminen	10...30		Kolminivelkaari Urheiluratsastushallit	40...130
	Harjapalkki Yläkatot yleensä	10...35		Kaareva kolminivelkehä Urheiluratsastushallit, tuotantorakennukset, varastot, korjaamot, ajoneuvo- ja konehallit, massavarastot	15...45
	Ulokkeellinen harjapalkki Yläkatot, varastot, teollisuus- ja julkisrakentamisessa	4+13+4 8+25+8		Kolminivelkehä Massa- ja juurikastuotevarastot	30...50
	Kaareva harjapalkki Yläkatot varasto-, teollisuus- ja julkisrakentamisessa	15...35		Kattotuoli Korjauspajat, teollisuushallit, lasavarastot	20...40
	Kaareva palkki Yläkatot varasto-, teollisuus- ja julkisrakentamisessa	15...35		Jäykistetty palkki Urheiluratsastushallit, sillat	30...60
	Käännetty harjapalkki Yläkatot varasto-, teollisuus- ja julkisrakentamisessa	20...40			
	Pulpettipalkki Jälleenrakentaminen	10...30			
	Ansarakenne Massavarastot, rehusiilat, juurikastuotevarastot	20...50			



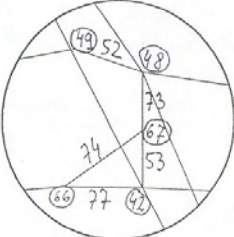
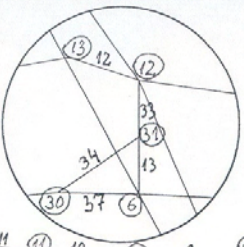
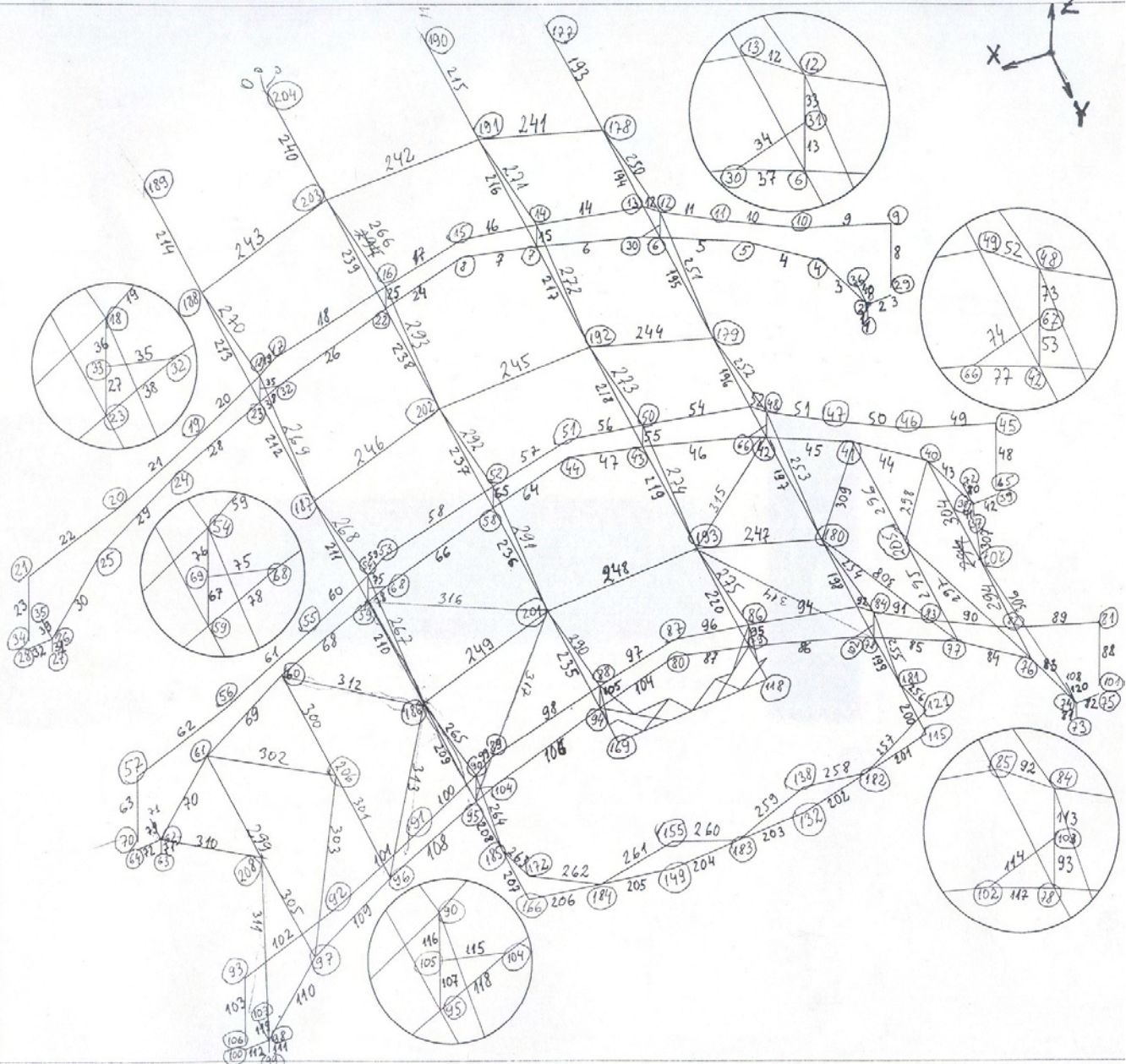
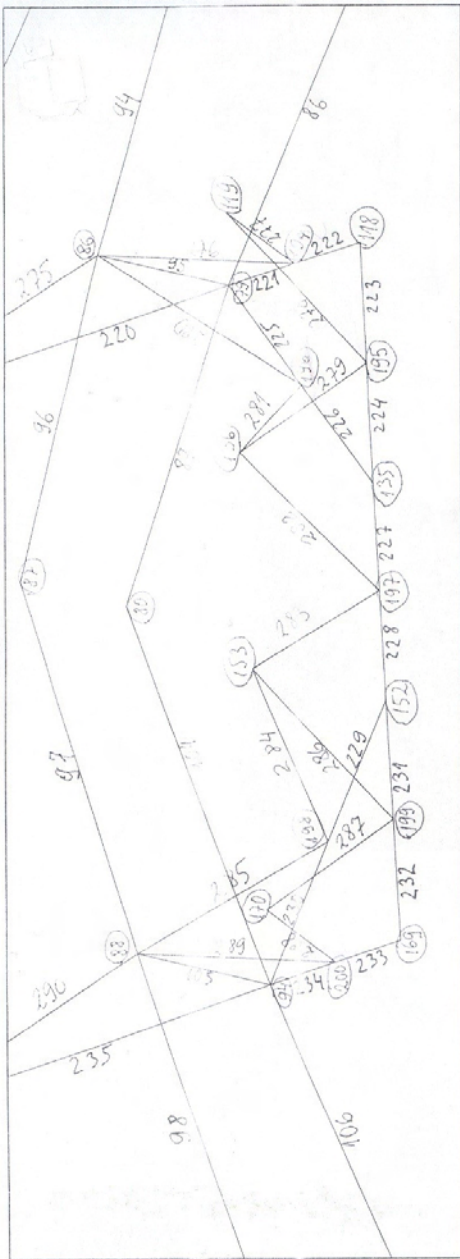
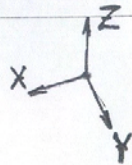
Estonia teatri katuse liimpuidust kandurid



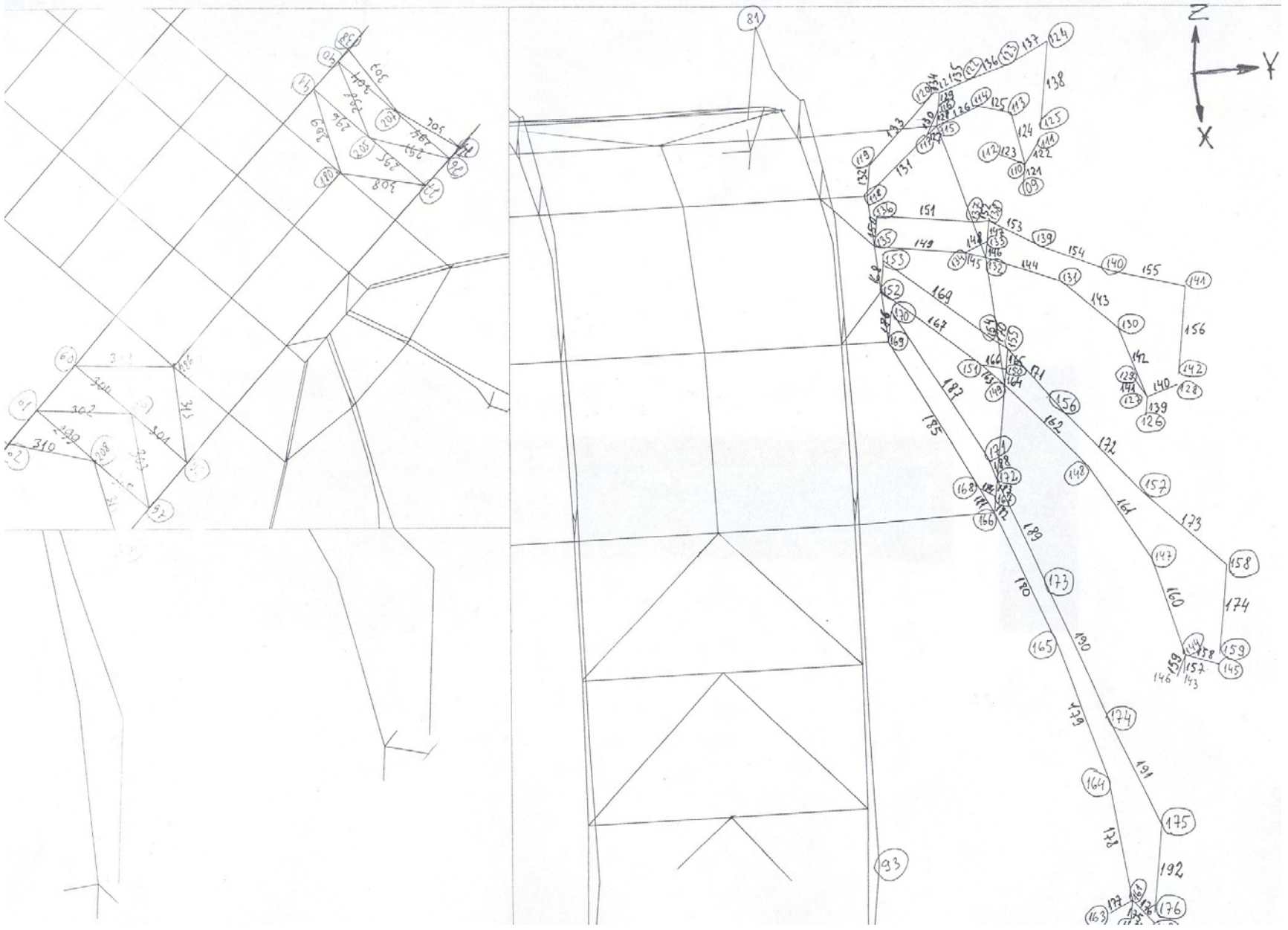


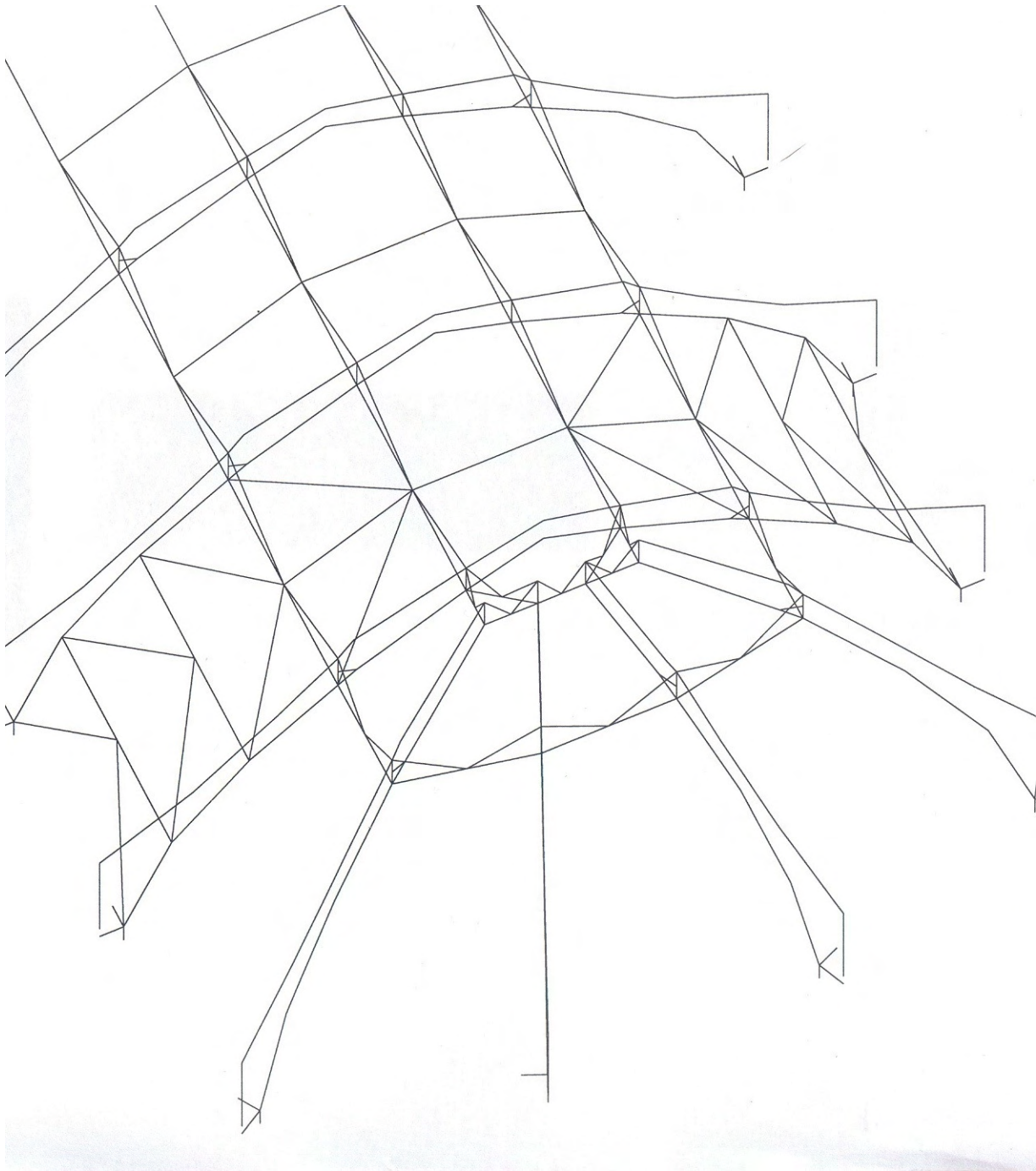
+367+40(190)

(193-249-298-303) (→ 313) (→ ...)



+1# +18 (121-192)





Exon 2. dug

Ridlohed:

$h = 950 \text{ mm}; b = 240 \text{ mm} \rightarrow 3,4$

$800 \quad 240 \rightarrow 5$

$575 \quad 240 \rightarrow 6,7$

$I_{min}: A = 26,8 \text{ cm}^2; I_x = 873 \text{ cm}^4; I_y = 59 \text{ cm}^4; I_z = 86 \text{ cm}^4 \rightarrow 10-13, 17$

$h = 160 \text{ mm}; b = 2000 \text{ mm} \rightarrow 14, 15, 19$

$80 \quad 2 \rightarrow 16$

$380 \quad 2000 \rightarrow 1,9$

$34 \quad 10 \rightarrow 2$

$800 \quad 140 \rightarrow 8,18$

etopald:

• Minnipuit $\rightarrow 3, 8, 14, 15, 18, 19$

• Venar $\rightarrow 2, 10-13, 16, 17$

• $Q, DTF/h^2 \text{ KtB} \rightarrow 1,9$

Elementkormund:

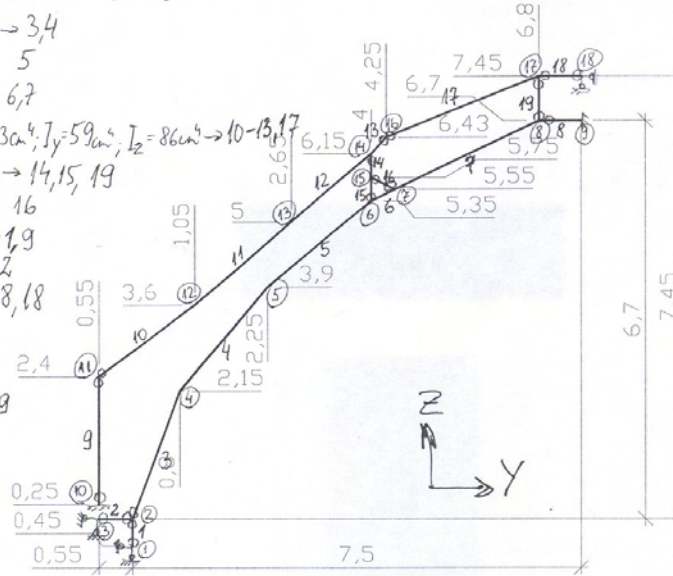
① $Q, Z\text{-telg}; -4,50 \frac{\text{MN}}{\text{m}} \rightarrow 10-13$

② $Q, Z\text{-telg}; -3,60 \frac{\text{MN}}{\text{m}} \rightarrow 17$

③ $Q, Z\text{-telg}; -1,00 \frac{\text{MN}}{\text{m}} \rightarrow 3-7$

Sõlnkormund:

① $FZ = -2,05 \text{ kN}$



Exon 3. dug

Ridlohed:

$h = 800 \text{ mm}; b = 240 \text{ mm} \rightarrow 3,4$

$650 \quad 240 \rightarrow 5$

$500 \quad 240 \rightarrow 6,7$

$I_{min}: A = 70,7; I_x = 3055; I_y = 206; I_z = 86 \rightarrow 10-13, 17$

$160 \quad 2000 \rightarrow 14, 15, 19$

$80 \quad 2 \rightarrow 16$

$380 \quad 2000 \rightarrow 1,9$

$34 \quad 10 \rightarrow 2$

$800 \quad 140 \rightarrow 8,18$

Elementkormund:

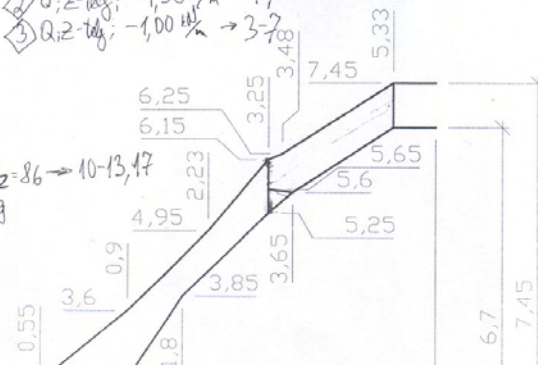
① $Q, Z\text{-telg}; -11,25 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \rightarrow 10-13$

② $Q, Z\text{-telg}; -4,50 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \rightarrow 17$

③ $Q, Z\text{-telg}; -1,00 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \rightarrow 3-7$

Sõlnkormund:

① $FZ = -1,9$



Erdbelastung

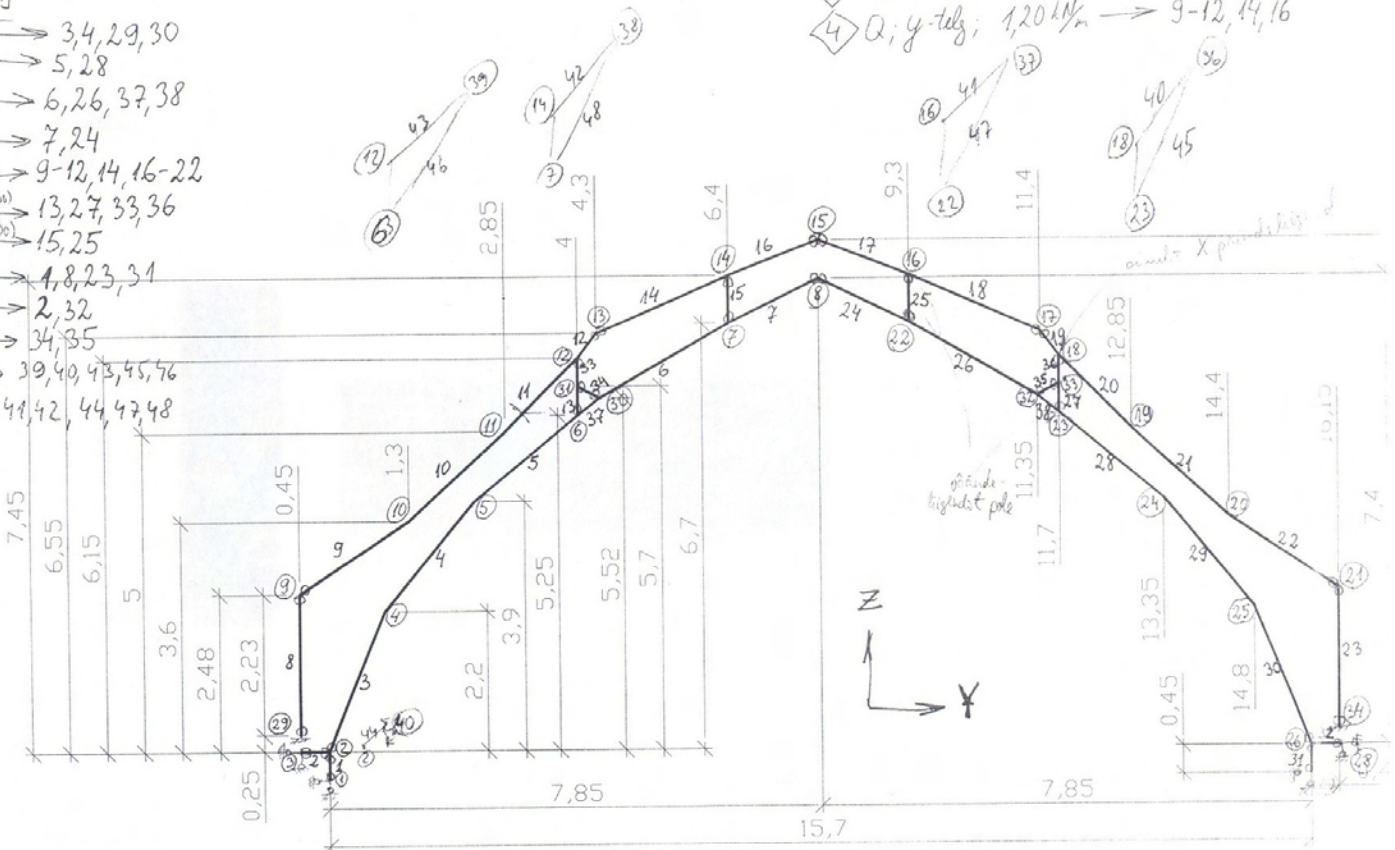
Richtloekel:

	h [mm]	b [mm]	
1	850	240	→ 3,4,29,30
2	825	240	→ 5,28
3	750	240	→ 6,26,37,38
4	625	240	→ 7,24
5	300	500	→ 9-12,14,16-22
6	160	4400 ⁽³⁰⁰⁾	→ 13,27,33,36
7	160	4400 ⁽³⁰⁰⁾	→ 15,25
8	380	4400	→ 1,8,23,31
9	34	10	→ 2,32
10	80	2	→ 34,35
11	870	160	→ 39,40,43,45,46
12	700	160	→ 41,42,44,47,48
13	500	140	
14	300	140	
15	500	120	
16	160	160	

Umschreibung:

- ① FZ = -3,53 kN → 6,23
- ② FZ = -3,08 kN → 7,22

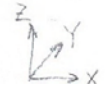
- ① Q; Z-teig; -13,65 kN/m → 9-12,14,16
- ② Q; Z-teig; -1,00 kN/m → 3-7,24,26,28-30 7,38
- ③ Q; Z-teig; -7,85 kN/m → 17-22
- ④ Q; y-teig; 1,20 kN/m → 9-12,14,16



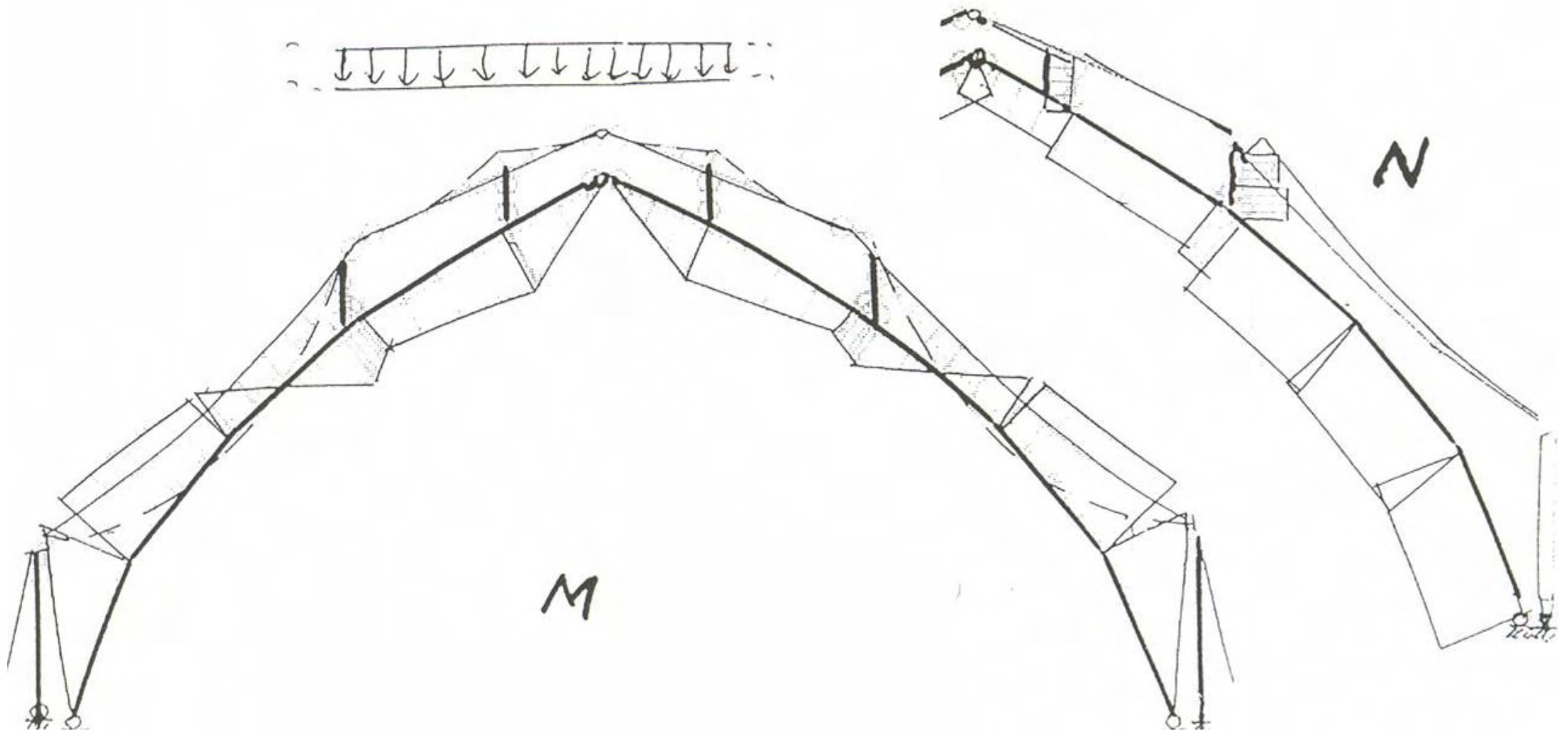
Material:

- ① Massivputz: $E = 12,03 \text{ GPa}$; $\mu = 0,06$ → 3-7, 9-22, 24-30, 33, 36-38
- ② Terraz: $E = 210 \text{ GPa}$; $\mu = 0,25$ → 2, 32, 34, 35
- ③ 2,0 TF/m² KrB 10: $E = 16,3 \text{ GPa}$; $\mu = 0,2$ → 1, 8, 23, 31

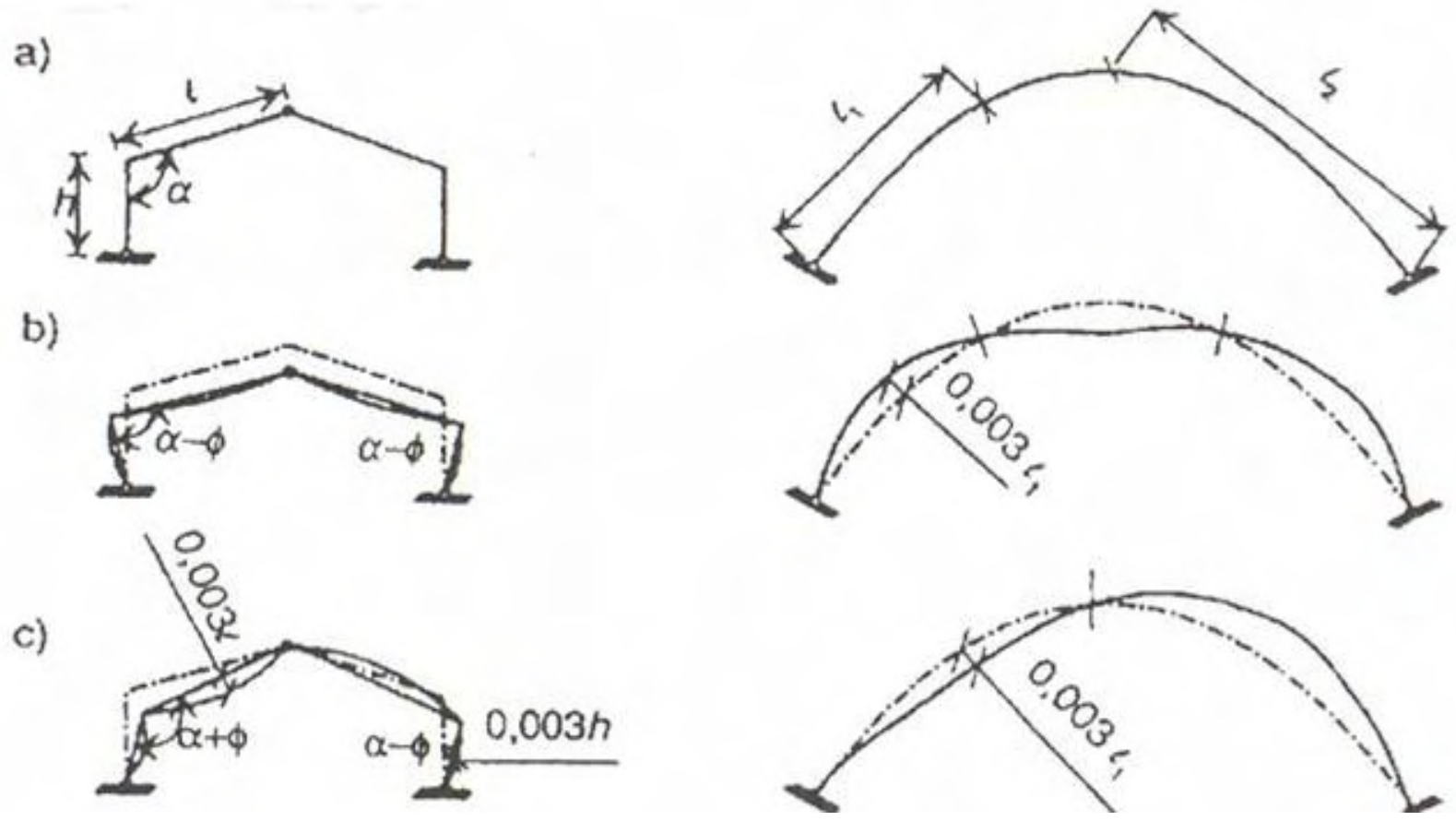
Summital:

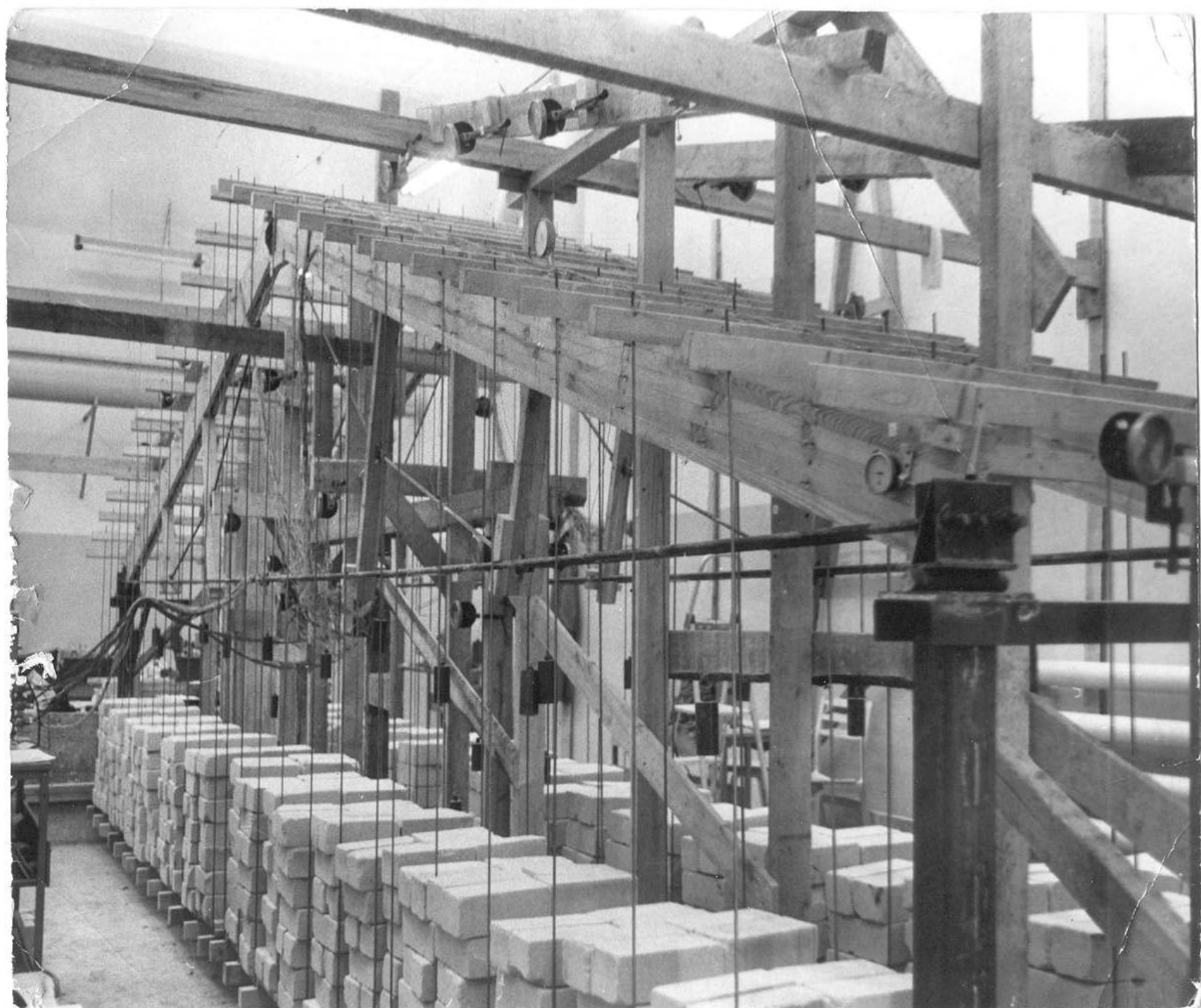


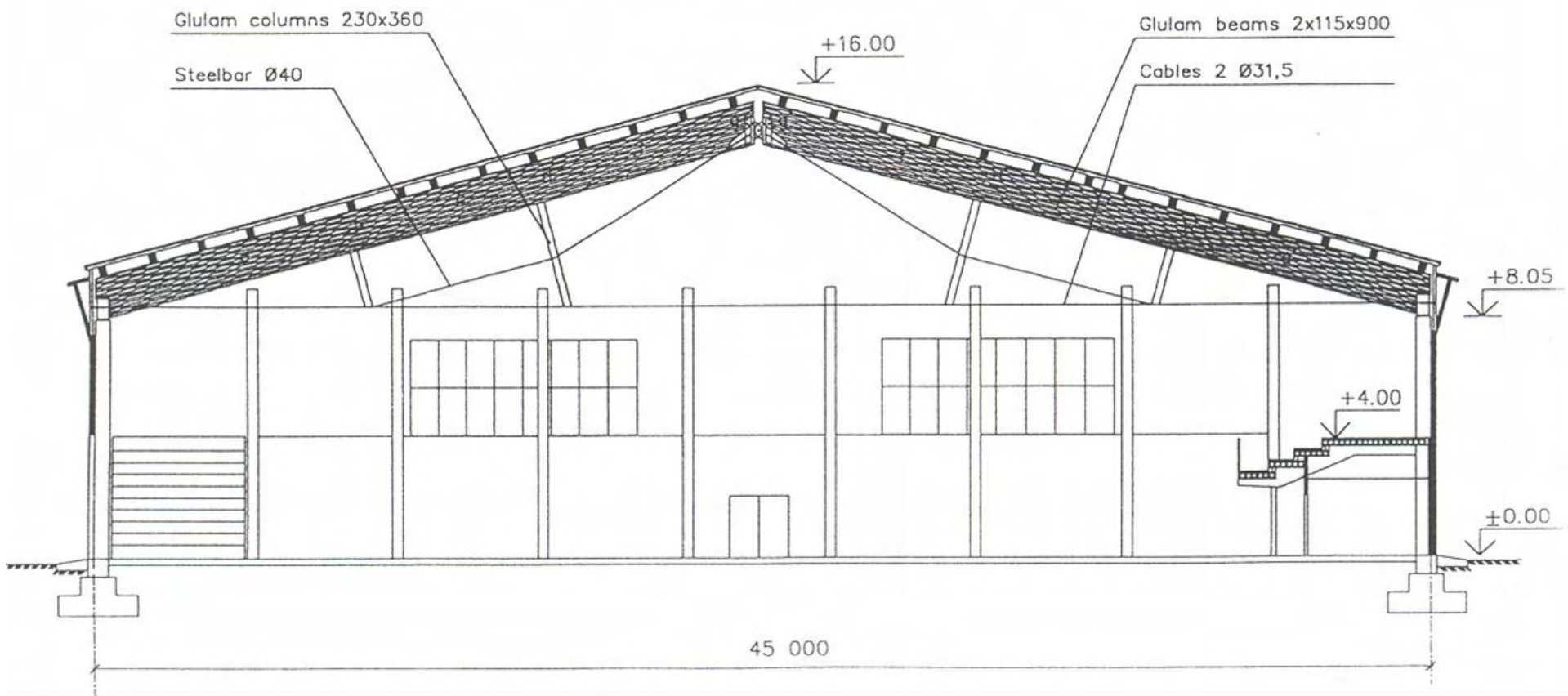
Olenevalt siirete suurusest (deformatiivsusest) tuleb arvutada kas geomeetriselt linearse või mittelinearse teooria kohaselt



Mittelineaarse teooria kohaselt arvutades tuleb sisejõudude ja paigutiste määramisel arvestada deformeerunud kuju





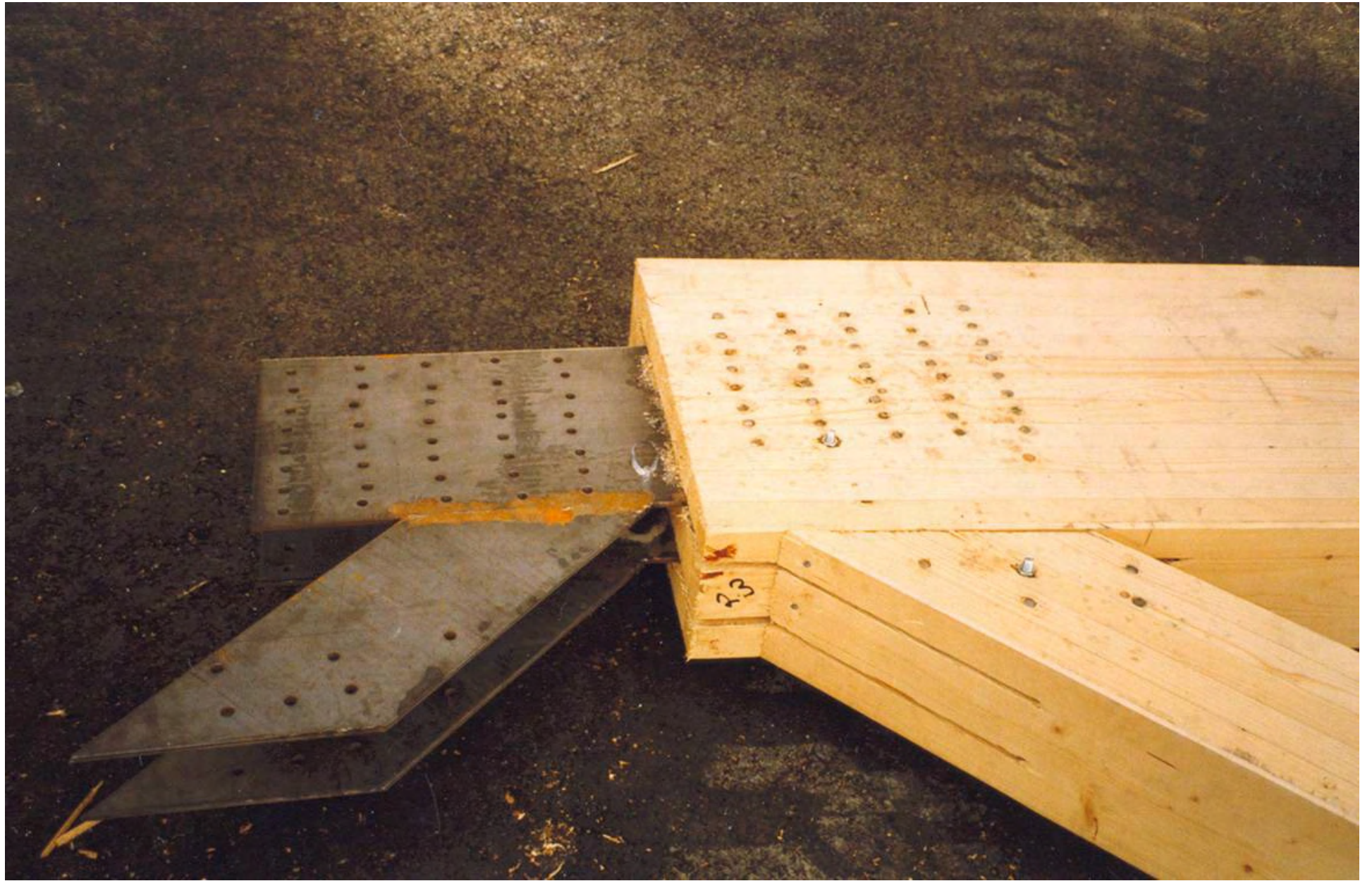


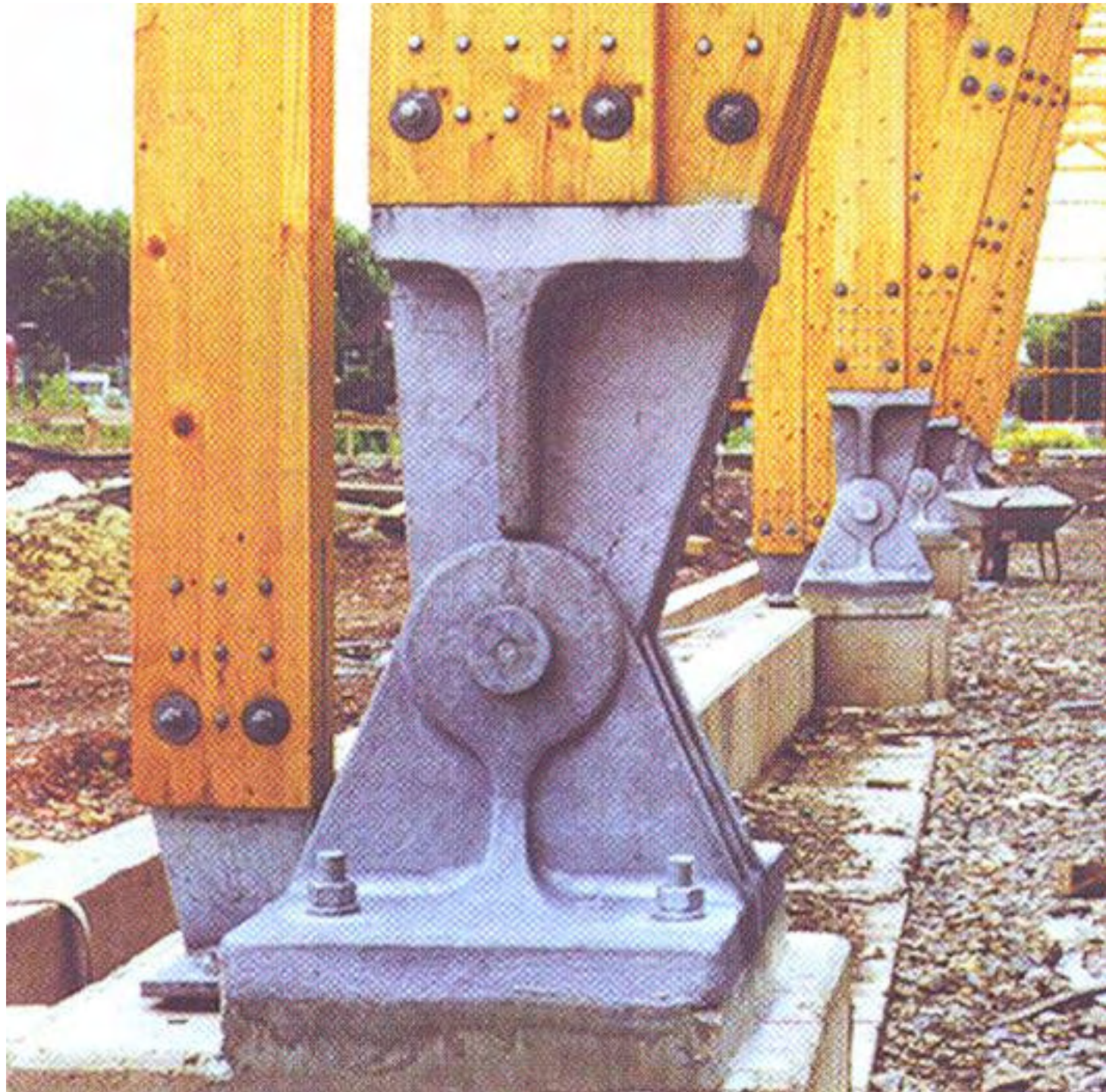


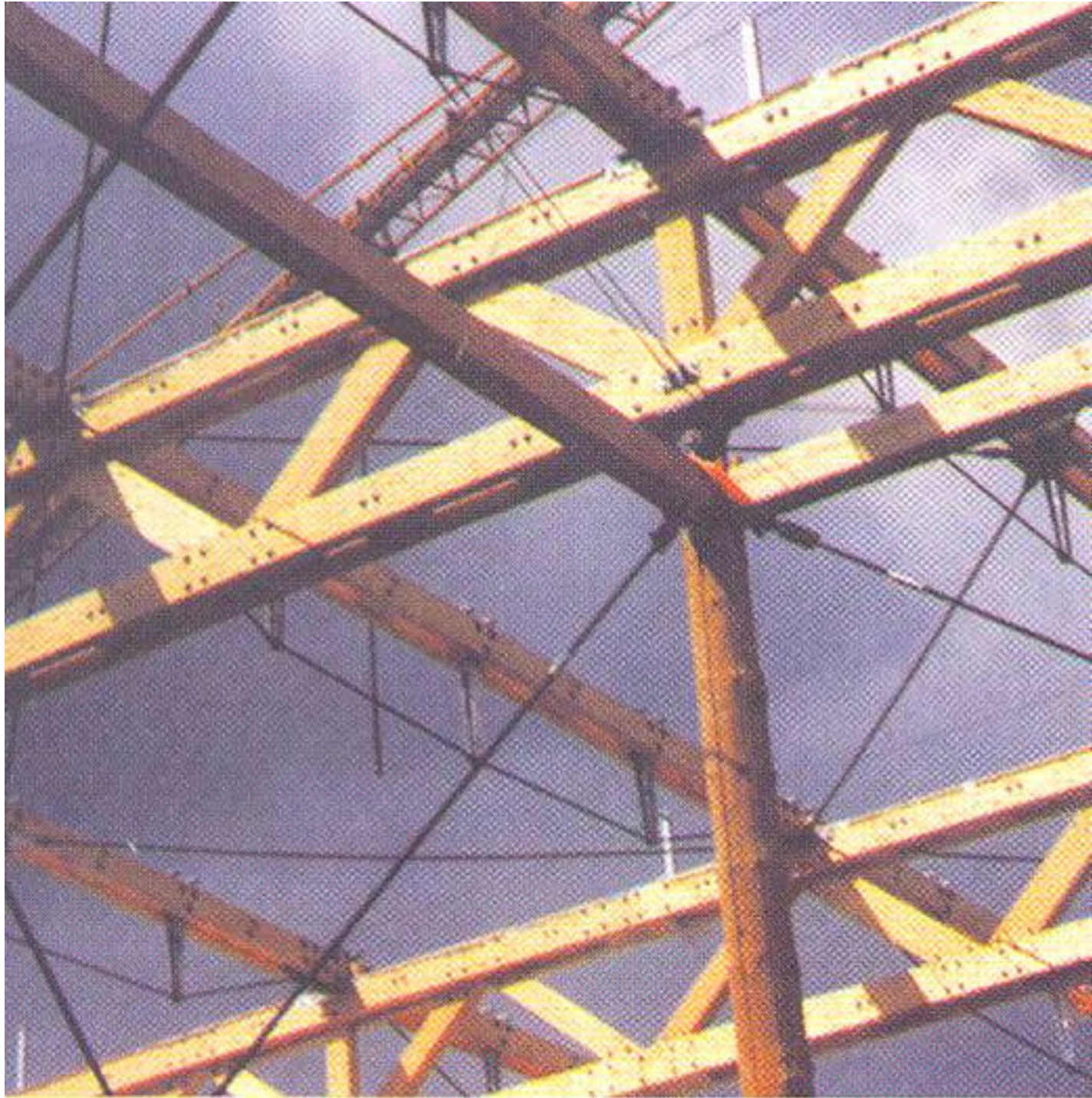














Tallinna spordihall



Estonia kuppelsaal

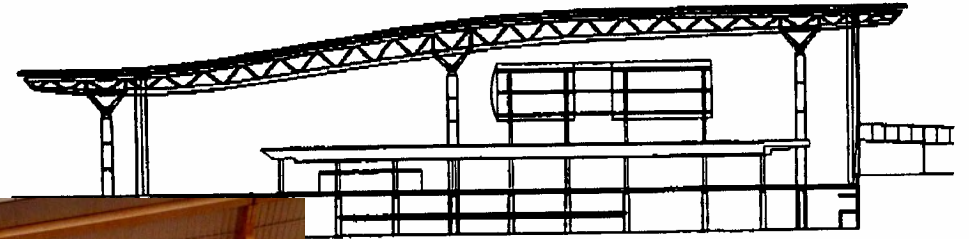


Restoran "Paat"



Ilmarise ärikeskus

Liimpuitehitised



Gardermoen'i lennujaam
Oslo, Norra

Liimpuitehitised



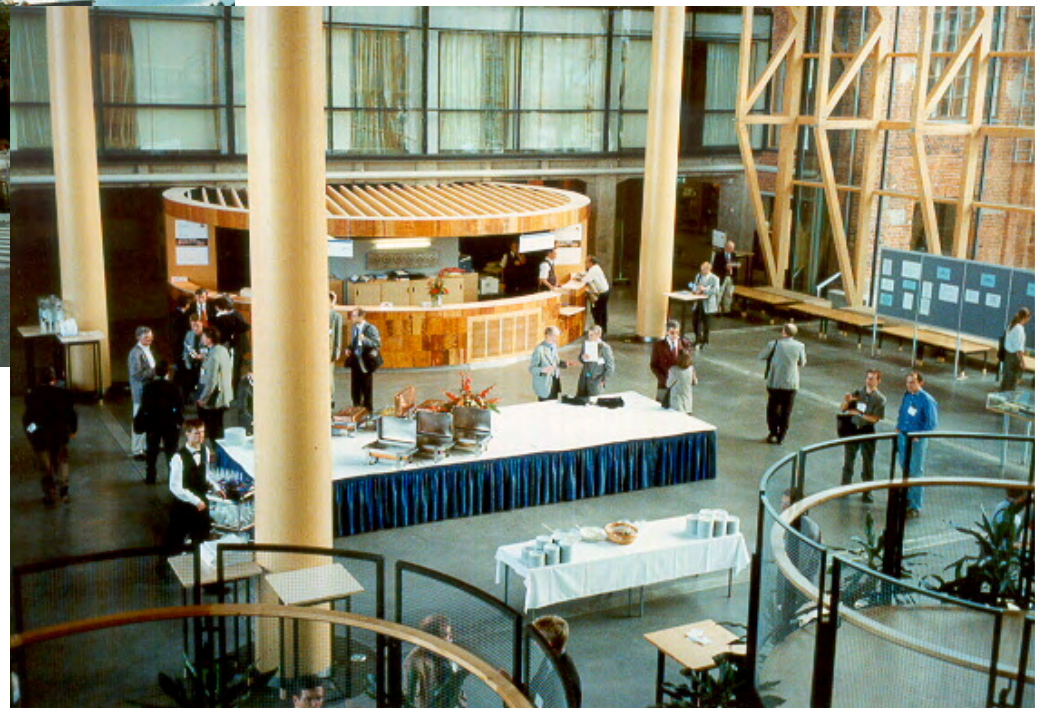
Vierumäki, Soome

Incukalns, Läti



Eindhoven, Holland

Sibeliustalo





Meddödede kool
Gjøvik, Norra



Veekompleks
Bad Neuenahr

VII Suureavaliste hoonete, saalide, jne erinevad liimpuitkonstruktsioonid (katus, raamid, postid, sein)

Liimpuidust raami kandevõime kontroll

1 Lihtsustatud arvutusmeetod

1.1 Üldmärkusi

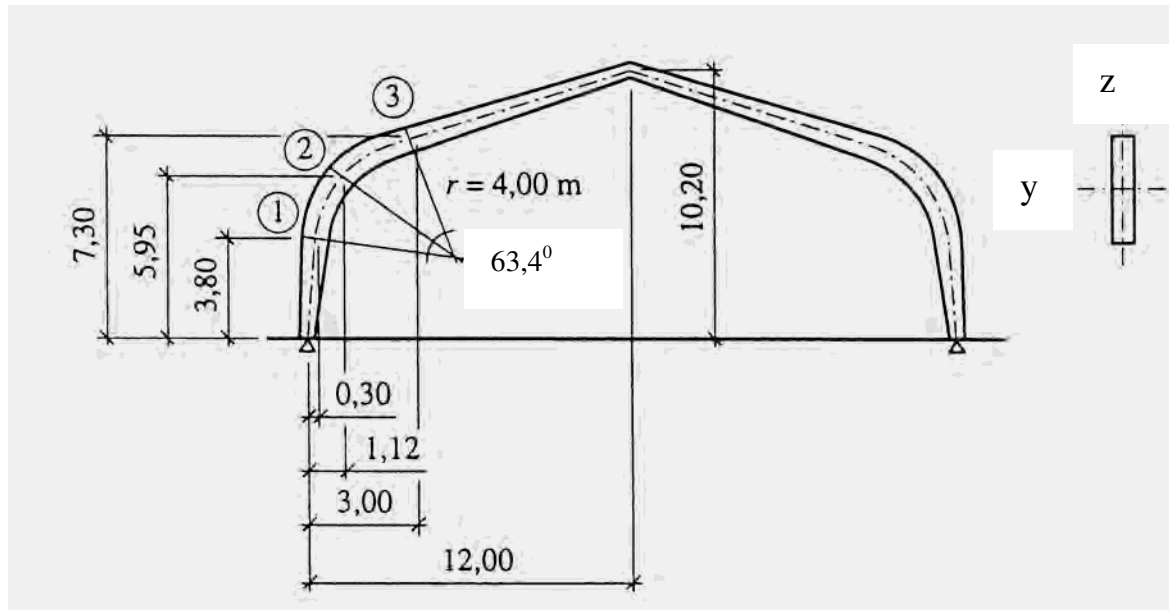
Raame ja kaari võib arvutada lihtsa arvutusmeetodiga, samuti kui poste või talasid. Väliskoormusest põhjustatud pingete arvutamine on rajatud lineaarsele teooriale, mis lähtub deformeerumata staatilise süsteemi tasakaalust. Pinged, mis on põhjustatud nii geomeetristest kui ka staatikalistest ja kas nii tasapinnas või külgsuunas esinevatest kõrvalekalletest (ebatäiuslikkustest) võetakse arvesse surve- ja paindetugevust vähendavate teguritega k_c ja k_{crit} korrutades. Need tegurid määratakse lähtudes vastavatest kriitilistest surve- ja paindepingetest tasapinnalises või põik(külg)suunalises nõtkel või põikumisel. Kõrvalekalle sirgsusest, mis mõõdetud tugevahelise kauguse keskkohal peab olema raami liimpuidust elemendile vähem kui 1/500 elemendi pikkust.

VII Suureavaliste hoonete, saalide, jne erinevad liimpuitkonstruktsioonid (katus, raamid, postid, sein)

1.2 Arvutusnäide

Alljärgnevalt esitatakse joonisel 7.1.2 näidatud liimpuidust kolmešarniirse raami arvutus, kus kaare arvutuslike toereaktsioonide vertikaal- (V) ja horisontaal- (H) komponentide, ristlõigetes 1,2 ja 3 normaaljõu (N) ja paindemomendi (M), harja paigutise u_{hor} ja u_{vert} väärtused on antud tabelis 7.1.2, milliste leidmist käesolevalt täpsemalt ei esitata (sisejõude ja paigutisi lineaarses käsitluses võib lihtsalt arvutada kasvõi lõplike elementide meetodil põhineva ECADE abil). Nimetatud reaktsioonide ja sisejõudude väärtused on leitud vastavalt ühtlaselt jaotatud sümmeetrilisest koormusest $1,35 g + 1,5 s$, kus g on normatiivne omakaal ja s normatiivne lumekoormus. Paigutis on leitud vastavalt normatiivsest koormusest.

VII Suureavaliste hoonete, saalide, jne erinevad liimpuitkonstruktsioonid (katus, raamid, postid, sein)



Joon. 7.1.2 Halli painutatud liimpuidust raami skeem

VII Suureavaliste hoonete, saalide, jne erinevad liimpuitkonstruktsioonid (katus, raamid, postid, sein)

Tabel 7.1.2

Arvutatav parameeter	ühik	g	s	1,35 g + 1,5 s
V	kN	54	48	145
H	kN	23	31	78
N1	kN	-44	-50	-134
N2	kN	-41	-56	-139
N3	kN	-30	-42	-104
M1	kNm	-73	-104	-255
M2	kNm	-91	-133	-332
M3	kNm	-61	-92	-220
U _{hor}	mm	0	0	-
U _{vert}	mm	21	32	-

Lähteandmed

Raami geomeetria on esitatud joonisel 1.2.

Raamid on valmistatud liimpuidust tugevusklassiga GL 28h; konstruktsiooni kastusklass 1, koormuse kestusklass – lühiajaline ($k_{mod}=0,9$)

$$f_{m,g,d} = \frac{0,9 \cdot 28}{1,3} = 19,4$$

VII Suureavaliste hoonete, saalide, jne erinevad liimpuitkonstruktsioonid (katus, raamid, postid, sein)

arvutuslik paindetugevus $f_{m,g,d} = 0,9 \cdot 28 / 1,3 = 19,4 \text{ N/mm}^2$;

arvutuslik survetugevus $f_{c,0,g,d} = 0,9 \cdot 26,5 / 1,3 = 18,3 \text{ N/mm}^2$;

elastsusmoodul $E_{0,\text{mean},g} = 12600 \text{ N/mm}^2$;

$$E_{0,05,g} = 10200 \text{ N/mm}^2 ;$$

nihkemoodul $G_{\text{mean},g} = 780 \text{ N/mm}^2$.

1.3 Kandepiirseisundi kontrollarvutus ristlõikes 2

Nõtkekontroll

On eeldatud, et ristlõiked (1) ja (3) on külgsuunas toetatud, kusjuures ristlõige on mõõtmetega $b \cdot h = 160 \cdot 1000 \text{ mm}$.

Edasi vt kaare arvutusnäide wordis (näide 09)