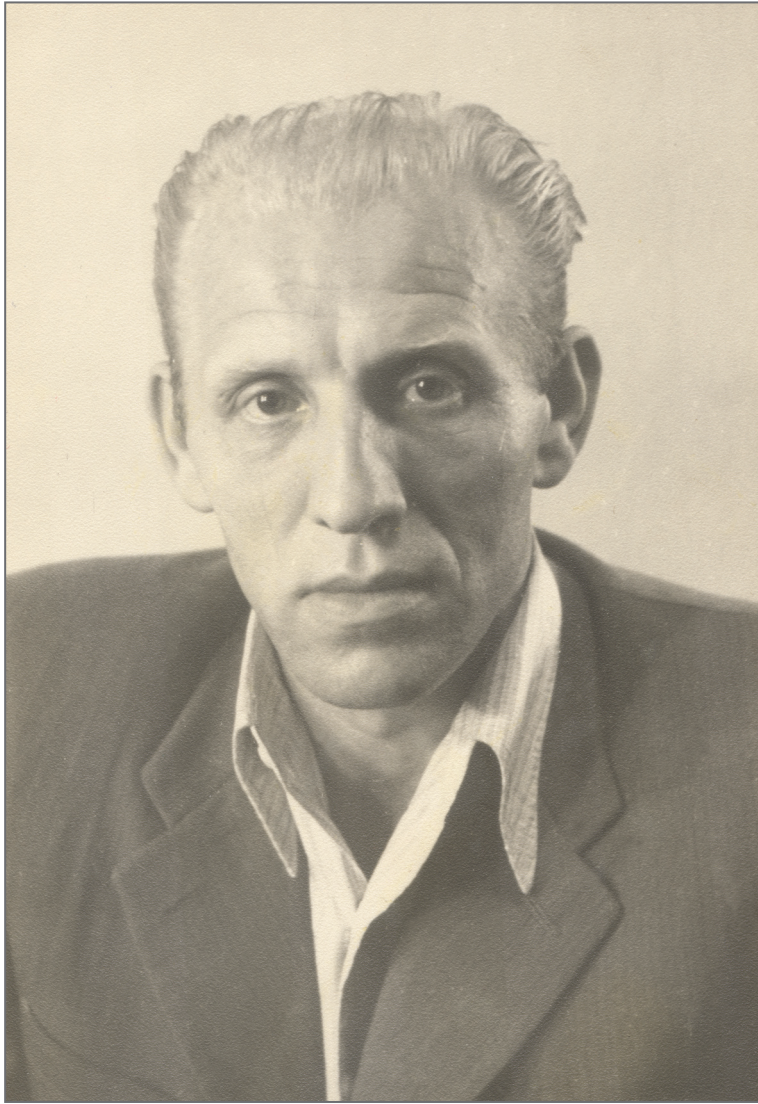






HEINRICH LAUL 100



Heinrich Laul 100

Tallinn 2010

Koostajad: Signe Jantson, Maris Suits, Carl-Dag Lige
Toimetajad: Katrin Bobrov, Ene Kahro, Marita Paas, Riina Prööm, Milvi Vahtra
Kujundaja: Tiia Eikholm
Fotograaf: Martin Siplane

Koostajad tänavad: Els Laul, Martin Komendant, prof. Karl Õiger, prof. emer. Valdek Kulbach, dots. emer. Enno Soonurm, dots. emer. Allan Sumbak, prof. emer. Harald Velner, Jarmo Kauge, Mait Väljas, Leho Lõhmus ja Eesti Mereakadeemia, TTÜ Muuseum, TTÜ ehitiste projekteerimise instituut, Eesti Kunstiakadeemia muinsuskaitse ja restaureerimise osakond.

Kasutatud on: Eesti Arhitektuurimuseumi, Eesti Filmiarhiivi, Eesti Rahvusringhäälingu arhiivi, Eesti Riigiarhiivi, Tallinna Linnaarhiivi, Tallinna Linnaplaneerimise Ameti arhiivi, Tallinna Tehnikaülikooli ehitiste projekteerimise instituudi, Tallinna Tehnikaülikooli Muuseumi ja Heinrich Laulu isikliku arhiivi materjale.

ISBN 978-9949-23-025-9

© Tallinna Tehnikaülikooli Raamatukogu, 2010

Sisukord

Eessõna	6
Heinrich Laul – praktiseerivast insenerist ehitusteadlaseks	7
HEINRICH LAULU ARTIKLID	
Arhitekt Alar Kotlist ja "Estonia" taastamisest	45
Insener ja tööline	53
Tallinna laululavast ja arhitekt Alar Kotlist	57
Taevased linnukesed Laulväljaku kohal	64
Kokkupuuted raudbetoonkonstruktsioonidega	67
Staatikuna 1930. aastatel	76
Mõningatest ehitustest Maarjamaal 1930ndatel aastatel	89
Üks ööpäev Narvas	95
Mina ja kirik	97
Mõningaid märkusi Tallinna ehituspinnase, Oleviste kiriku, laululava ja elektrijaama kohta	103
Kasari sild	107
Tallinna Miinisadama raudbetoonkoorikud	113
"Surnud" keeled	117
MEENUTUSI HEINRICH LAULUST	
Nikolai Alumäe. "Heinrich Laul 80"	125
Vello Otsmaa. Mõtteid Heinrich Laulust	128
Valdek Kulbach. Heinrich Laul kui mitmekülgne isiksus	132
Allan Sumbak. Heinrich Laulust	137
Karl Öiger. Minu mälestusi professor Heinrich Laulust	140
HEINRICH LAUL – TÄHTSAM ELULOOLINE JA TÖÖALANE KRONOLOOGIA. PUBLIKATSIOONID	
Curriculum vitae	147
Heinrich Laulu inseneritööd	148
Artiklid Heinrich Laulu kohta	149
Heinrich Laulu trükis avaldatud tööd	154
Heinrich Laulu juhendamisel valminud väitekirjad	170
Kaasautorite register	173

Eessõna

Akadeemik Heinrich Laul oli Eesti 20. sajandi silmapaistvamaid insenere ja ehitusteadlasi. Tema tegevus nii projekteerija, ehituseksperti, õppejõu kui teadlasena on olnud eeskujuks mitmele Eesti inseneride põlvkonnale ning avaldab laiemat mõju kogu Eesti kultuurile.

Heinrich Laulu huvi ehitusteadlasena keskendus raudbetoonist koorikonstruktsioonide uurimisele, ent tema värvikas isiksus ning mitmekülgne tegevus Tallinna Tehnikaülikooli professorina tõi talle tuntust ka väljaspool erialaseid ringkondi. Tänavu möödub Heinrich Laulu sünnist 100 aastat.

Käesoleva kogumiku koostamist ajendas soov muuta Heinrich Laulu artiklid senisest kättesaadavamaks, tutvustada ülevaatlikult tema tegevust ning seeläbi populariseerida tehnikateadusi ja inseneri elukutset.

Kogumiku avaartikkel annab ülevaate Heinrich Laulu karjäärast ning tutvustab tema tegevust ehitusinseneri ja -teadlasena. Järgneb valik Heinrich Laulu enda kirjutisi, millest enamik on varem avaldatud kogumikus "Meenutusi meie ehitustegevusest ja muustki" (koostajad Vahur Mägi, Enno Soonurm. Tallinna Tehnikaülikool, 1990). Seejärel saavad sõna Heinrich Laulu endised kolleegid Tallinna Tehnikaülikoolist.

Heinrich Laul – praktiseerivast insenerist ehitusteadlaseks

Maris Suits, Carl-Dag Lige

Akadeemik Heinrich Laul on Eesti 20. sajandi silmapaistvamaid insenere ja ehitusteadlasi. Tema tegevus nii projekteerija, ehituseksperdi, õppejõu kui teadlasena on olnud eeskujuks mitmele eesti inseneride põlvkonnale ning omab laiemat mõju kogu Eesti kultuurile. H. Laulu erialane huvi ehitusteadlasena keskendus raudbetoonist koorikkonstruktsioonide uurimisele, kuid tema värvikas isiksus ning mitmekülgne tegevus Tallinna Tehnikaülikooli professorina tõi talle tuntust ka väljaspool erialaseid ringkondi. Järgnev artikkel on ülevaade H. Laulu karjäärist ning tutvustab tema mitmekülgset panust Eesti inseneri- ja ehituskultuuri.

Õppides ehitusinseneriks

H. Laul lõpetas Tallinna Linna Poeglaste Humanitaargümnaasiumi (praegu Gustav Adolfi Gümnaasium) ladina ja kreeka keele haru 1930. aastal.¹ Humanitaarsete huvide kõrval tekkis tal juba kooli ajal soov ehitusinseneriks saada. Kuivõrd Tallinna Tehnikum oli hiljuti lõpetanud vastuvõtu ning uut tehnikakõrgkooli polnud Eestis veel avatud, pidi Laul ootama mitu aastat, enne kui sai 1934. aastal asuda Tartu Ülikooli matemaatika-loodusteaduskonna tehnikaosakonda ehitusinseneri eriala omandama.² 1936. aastal toodi ehitusinseneride koolitamine vastloodud Tallinna Tehnikainstituuti, millest 1938. aastal sai Tallinna Tehnikaülikool. H. Laul kolis Tartust tagasi Tallinnasse ning astus ehitus- ja mehaanikateaduskonda konstruktsioonide ja sildade ehituse erialale, mille lõpetas kiitusega 1939. aasta sügisel.

¹ Laul kirjeldab humanitaarkallakuga õpingute mõju oma kujunemisele artiklis "Surnud keeled" – *Sirp ja Vasar*, 02.08.1985. Vt ka sama artiklit taaspublitseerituna käesolevas kogumikus lk. 118–122.

² Laul ei kulutanud oma aega siiski asjata, osaledes aastatel 1931–1934 Tallinna Tehnikumi juures korraldatud kursustel, kus omandas ehitustehniku kutse.



Prof. Ottomar Maddison tudengitega 13.05.1936. Heinrich Laul esireas paremalt teine. Allikas: Heinrich Laulu arhiiv

Tallinna Tehnikaülikooli professor, hilisem akadeemik Ottomar Maddison (1879–1959) kutsus H. Laulu oma assistendiks 1935. aasta sügisel, kui tehnikaõpingud toimusid veel Tartus. Kahe mehe tutvus, mis oli alanud juba H. Laulu Tallinna Tehnikumi kursuste päevil 1930ndate aastate alguses, kasvas aastatega tihedaks tööalaseks suhteks ning Laulust sai hiljem Maddisoni "mantlipärija" nii Tehnikaülikooli ehitusteaduskonna dekaani (1947) ja professorina (1956) kui Teaduste Akadeemia liikmena (1961).³ H. Laulu ülesandeks O. Maddisoni assistendina oli abistamine loengute ettevalmistamisel ja läbiviimisel ning töö Tehnikaülikooli ehitus- ja mehaanikateaduskonna juures asunud tugevuse ja tehnilise mehaanika laboratooriumis.

Esimesed kogemused ehitusinsenerina omandas Heinrich Laul 1933. ning 1934. aasta suvekuudel, töötades praktikandina Nõmme Linnavalitsuse tehnilises osakonnas arhitekt Friedrich Wendachi käe all. H. Laulu ülesanneteks olid supelbasseini süvendustööd, kõlakoja ja linna laohoone ehitustööd, tänavate sillutustööd,

³ Vt lisaks Heinrich Laulu järelhüüet "Mälestades akadeemik O. Maddisoni". – *Ehitus ja Arhitektuur*, nr 1–2 1959, lk 67–68.



TTÜ ehituseriala tudengid juunis 1939. Heinrich Laul vasakult esimene. Allikas: TTÜ ehitusteaduskonna ehitiste projekteerimise instituudi arhiiv

tänavate loodimine ning sillutusprojektide valmistamine.⁴ 1935. aasta suvekuudel töötas H. Laul praktikandina Raudteede Valitsuse Ehitusameti I liini jaoskonnas.⁵ Õpingute ja assistenditöö kõrval oli H. Laul 1930ndate aastate teisel poolel juba tegev ka konstruktorina, lahendades staatikaprobleeme nii projekteerides, ehitustel töötades kui tehnilist järelevalvet teostades.⁶ 1930ndate aastate jooksul oli ta osaline hulga tuntud ehitiste projekteerimise ja valmimise juures. Pärnu rannahotelli (arhitektid Olev Siinmaa, Anton Soans, 1935) ja Tallinna Kadrioru staadioni tribüüni

⁴ Tallinna Tehnikum. Tehnilised kursused. Osavõtjate isiklikud toimikud. Heinrich-Vilhelm Laul. Eesti Riigiarhiiv, f. 4374, n. 1, s. 289, l. 9–10.

⁵ Tallinna Linna Ehitusosakond. Heinrich-Vilhelm Laul, teenistuskiri. Tallinna Linnaarhiiv, f. 149, n. 1, s. 943, l. 33.

⁶ II maailmasõja eelsete objektide puhul polnud Heinrich Laul teadaolevalt ühelgi juhul konkreetse ehitise peakonstruktoriks. Enamasti töötas ta koos insener Tarmo Randveega (hotell "Palace", Pärnu mnt 8 korterelamu, Kadrioru staadioni tribüün, kus vastutavaks inseneriks oli August Komendant, Pärnu rannahotell, Pärnu rannahoone). Maardu fosforiiditehase puhul ka koos prof. O. Maddisoni ning prof. H. Oengoga. Kahjuks on tagantjärele raske kindlaks teha asjaosaliste omavahelist tööjaotust, sest sellekohast dokumentatsiooni käesoleva artikli autorid leida ei suutnud.



Pärnu mnt 8 korterelamu (arhitekt Eugen Sacharias, 1936). Foto autor: Martin Siplane

(arhitekt Elmar Lohk, 1937) projekteerimisel osales ta abilisena staatiliste arvutuste tegemisel. Elades Tallinnas, töötas H. Laul tehnikuna hotelli "Palace" (arhitekt Elmar Lohk, 1935) ehitusel ning insener-konstruktorina Pärnu mnt 8 korterelamu (arhitekt Eugen Sacharias, 1936) ehitusel. Tartus teostas H. Laul "Vanemuise" teatri juurdeehituse (arhitektid Arnold Matteus, Elmar Lohk, 1937–1939) tehnilist järelevalvet. Samuti oli H. Laul osaline Pärnu rannakohviku (arhitekt Olev Siinmaa, 1939), Maardu fosforiiditehase lahoone (1938) ning sama tehase Tallinna sadamas



Teater „Vanemuine“ (arhitekt Armas Lindgren, 1906. Juurdeehitus: arhitektid Arnold Matteus, Elmar Lohk, 1937–1939). Allikas: Eesti Arhitektuurimuseum

asuvate raudbetoonist fosforiidipunkrite (1939) projekteerimisel.⁷ Tähelepanu väärib ka Türi raadiomasti kontrollarvutuse tegemine 1936. või 1937. aastal koos insener Evald Vainoga, professor Ottomar Maddisoni juhendamisel.⁸

Töö sõja-aastatel 1941–1945

Pärast nõukogude korra kehtestamist 1940. aasta suvel lahkus H. Laul mitmeks aastaks Tallinna Tehnikaülikoolist. Kuni 1941. aasta suveni töötas ta Tallinna kommunaalmajanduse osakonna peainsenerina.⁹ Selles ametis olles projekteeris Laul

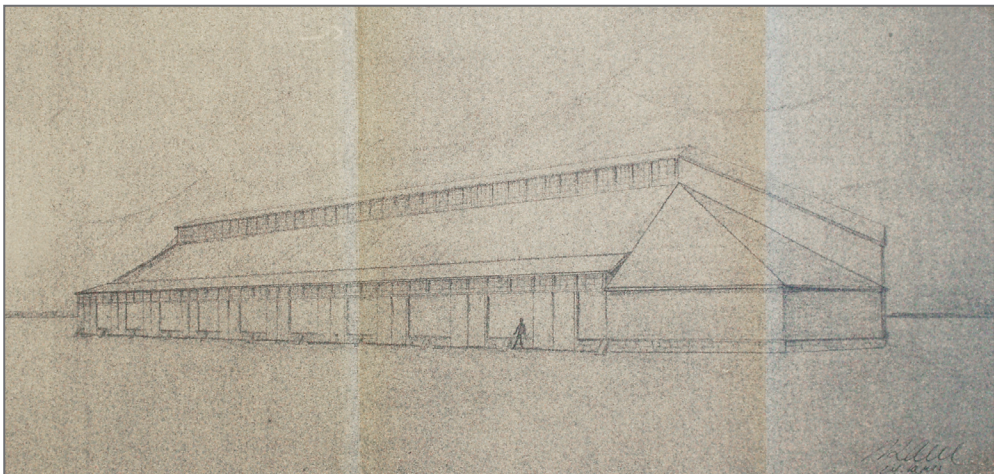
⁷ ENSV Arhitektide Liit. Arhitektide Liidu liikmete isiklikud toimikud. Heinrich-Vilhelm Laul. Eesti Arhitektuurimuseum, f. 10, n. 1, s. 58, l. 6-8 ja Heinrich Laulu isikutoimik Tallinna Tehnikaülikooli arhiivis.

⁸ Loe lähemalt Türi raadiomasti kontrollarvutusest H. Laulu artiklist "Mõningatest ehitustest Maarjamaal" käesolevas kogumikus lk 90–95.

⁹ Esialgu asus H. Laul Tallinna Linna Ehitusosakonna direktori kohusetäitjaks, kuid 10.11.1940 nimetati ta Tallinna Linna Tööraha Saadikute Nõukogu Täitevkomitee kommunaalmajanduse osakonna peainseneriks. Vt Tallinna Linna Ehitusosakond. Heinrich-Vilhelm Laul, teenistuskiri. Tallinna Linnaarhiiv, f. 149, n. 1, s. 943, l 38–42.



Tallinna Elektriijaama turbiinisaali hoone (arhitekt Eugen Habermann, 1928–29, rekonstrueeritud 1941 ja 1945–1949). Foto autor: Martin Siplane



Tallinna Elektriijaama põlevkivikuuri projekt (1941). Heinrich Lauu perspektiivjoonistus. Allikas: Tallinna Linnaplaneerimise Ameti arhiiv

teiste objektide seas ka Nõmme vana suusatrampliini (koos insener Lantskiga), kuid põhiosa oma ajast pühendas sõjakindlustuste ja kaitseehitiste rajamisele. Viimati mainitu tõi hiljem kaasa probleemid natsionaalsotsialistliku Saksa režiimiga.

Enne saksa koonduslaagrisse saatmist 1941. aasta detsembris jõudis H. Laul mõned kuud töötada Tallinna Elektriijaama ehitusosakonna juhatajana. Elektriijaamas oli tema peamiseks tööks masinasaali ehk turbiinisaali kahjustatud raudbetoonkonstruktsioonide rekonstrueerimine. Samuti valmisid H. Laulul elektriijaama põlevkivihoidla projekt ning jaama piirdeaia projekt.¹⁰ Põlevkivikuuri projekt kannab Heinrich Laulu allkirja ning on üks väheseid teadaolevaid ehitusprojekte, mille puhul H. Laul oli nii arhitektuurse kui insenertehnilise lahenduse autoriks. Hoone, mille põhiplaani mõõtmeteks oli 75 x 23,5 meetrit, tarindus oli projekteeritud silmas pidades põlevkivivagonettide liikumist ning nende laadimist. Kuuri kandva osa moodustas puitfermide süsteem, mis võimaldas loobuda tugipostidest hoone keskel.

12.12.1941 arreteeriti H. Laul Saksa sõjaväelaste poolt ning järgneva aasta jooksul pidi ta töötama sunnitöölaagrites Tallinnas ja Ellamaal. Koonduslaagrist vabanes H. Laul 1942. aasta lõpul ning 1943. aasta kevadest kuni 1944. aasta sügiseni õnnestus tal tööd leida Eesti Raudteede Valitsuses sildade-insenerina. Pärast Saksa vägede lahkumist töötas H. Laul Maanteede Valitsuse¹¹ vaneminsenerina, kus tema tööülesanded olid samuti seotud sildade rekonstrueerimise ning ehitusega.

Töö Arhitektuuri Valitsuses – taastamisprojektid Heinrich Laulu loomingus

1945. aasta aprillis kutsuti H. Laul tööle ENSV Rahvakomissaride Nõukogu Arhitektuuri Valitsuse Projekteerimis-Planeerimiskeskuse konstruktorite grupijuhi kohale ning ta asus juhendama konstruktoreid tollases keskses projekteerimisorganisatsioonis. Ametikoht tõi kaasa erakordselt suure vastutuse, sest Arhitektuuri Valitsuse Projekteerimis-Planeerimiskeskuses koostati suur hulk riiklikku tähtsust omavate hoonete ehitus- ning rekonstrueerimisprojekte.

Uusehitistest võiks H. Laulu Arhitektuuri Valitsuses töötamise perioodist esile tuua põlevkivituha tsemenditehase "Kukermiit" projekteerimise. Praeguse Tallinna

¹⁰ Põlevkivikuuri projekt kannab H. Laulu allkirja kuupäevaga 24.10.1940, masinasaali rekonstrueerimise projekt 01.11.1940 ning elektriijaama plankaaia projekt 06.11.1940. Nii põlevkivikuuri kui masinasaali projektile on lisatud H. Laulu koostatud tehnilised arvutused. Tallinna Linnaplaneerimise Ameti arhiiv. Põhja puiestee 27A, 29, 31 projektdokumentatsioon.

¹¹ Täisnimetus ENSV Siseasjade Rahvakomissariaadi Maanteede Valitsus.

Linnahalli asemel paiknenud ajutise tehase ehitustöid teostati vahemikus 1945–1948 ning H. Laulu on erinevates allikates nimetatud tehase projekti autoriks.¹² Ta projekteeris nii tehase raudbetoonist raamid, silod, punkrid kui alused.¹³ Tehas tegutses 1958. aastani ning lammutati lõplikult 1970ndatel aastatel, mil alustati ettevalmistusi Tallinna Linnahalli ehituseks.

Et uushoonete unikaaltarindite projekteerimise kõrval hõlmasid H. Laulu praktilisest inseneritööst mainimisväärse osa taastamisprojektid, oli paljuski tingitud ajalis-ruumilisest paratamatusest – II maailmasõja purustuste likvideerimine tähendas väheste uusehituste kõrval palju rekonstrueerimistöid.

Heinrich Laulu tähtsaimaks ülesandeks Arhitektuuri Valitsuses sai "Estonia" teatri rekonstrueerimine koos arhitekt Alar Kotliga. Siin jäi H. Laulu kanda peakonstruktori vastutusrikas roll. Peamiseks probleemiks olid 1912. aastast pärinevad ja tulekahjus kannatada saanud raudbetoonkonstruktsioonid. Erinevalt puit- ja metallkonstruktsioonidest, mis olid tulekahju järel täielikult hävinud või kasutus- kõlbmatuks muutunud, püsisid teatri- ja kontserdisaali raudbetoonist laed püsti. Hindamaks nende restaureerimise võimalikkust toimus esmalt laekonstruktsioonide põhjalik uurimine, mille käigus kaardistati praod kandetalades ja võeti proovikuubikud betooni tugevuse määramiseks. Betooni põlemisjärgne tugevus ($R=170 \text{ kg/cm}^2$) oleks ehitusaegsete standardite järgi olnud üsna nõrk, vahepealne standardite leebumine lubas selle aga lugeda rahuldavaks. Samuti koguti informatsiooni omaaegse projekteerimise ja ehituse kohta, otsiti vanu tööjooniseid ja ehitusaegseid fotosid ning võrreldi neid kohapeal nähtuga. Selgus, et algsel projekteerimisel ja ehitusel oli tehtud mitmeid vigu, mis lagede olukorda tunduvalt raskendas.¹⁴ On teada, et H. Laul ise ei pooldanud laekonstruktsioonide taastamist – uute tarindite projekteerimine oleks olnud lihtsam ja kindlam. Komisjon otsustas siiski professorite Ottomar Maddisoni ja Hugo Oengo häälega laed alles jätta ja põhjalikult restaureerida; otsust kallutasid nii taastamistähtaja lähedus kui mure kontserdisaali akustika pärast. Lagede parandusprojekt nägi peaasjalikult ette vajalike rangide paigaldamist taladele (kontserdisaali laes näiteks iga 70 cm

¹² Eesti Vabariigi Ehitusministeerium. Generaalplaanide ja projektide dokumentatsioon ning ekspertiisotsused. Tallinna objektide projektid: Lastesõim Pärnu mnt. 82; Mängude ja raskejõustiku staadion; Põlevkivi ja Keemiatööstuse Rahvakomissariaadi büroohoone; Põlevkivituha tsemenditehas Elektri jaama juures; Riiklik Teater "Estonia"; turu paviljon; Töötava Rahva Kultuurihoone. 1945. Eesti Riigiarhiiv, f. R-1992, n. 2, s. 4.

¹³ Nimekiri Heinrich Laulu projekteeritud konstruktsioonidest. Heinrich Laulu isikutoimik Tallinna Tehnikaülikooli arhiivis.

¹⁴ Teatrisaali lae juures ilmnenuid probleemidest loe lähemalt Heinrich Laulu 1984. aasta artiklist "Arhitekt Alar Kotlist ja "Estonia" taastamisest", käesolevas kogumikus lk 45–52.



"Estonia" teater (arhitektid Armas Lindgren ja Wivi Lönn, 1911-1913; rekonstrueerimisprojekt Alar Kotli 1945-1947). Foto autor: Martin Siplane

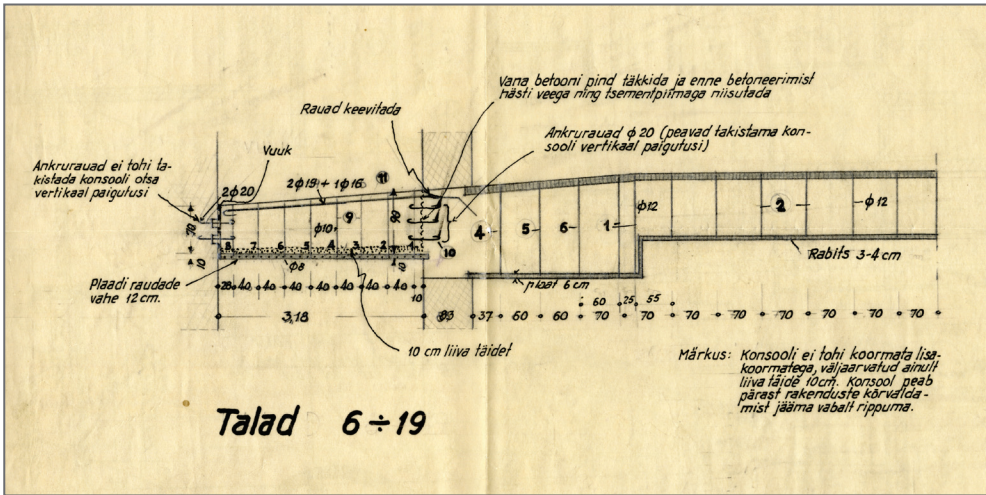
tagant) ning pragude täitmist torkreeterimise teel.¹⁵ Kontserdisaali puhul tuli torkreeterimist teha üsna ebamugavates oludes – kitsastes ja madalates taladevahelistes kanalites gaasimaskid peas. Siinjuures pidi H. Laulu ise tegema pidevalt järelevalvet, kuna töölistes kippusid torkreeterimise asemel pragusid lihtsalt kinni määrima ning tagantjärele pealispinna vaatlusel oli raske haltuurat korralikust tööst eristada.¹⁶

Saalide lagede tugevdamise kõrval projekteeris H. Laul rea "Estonia" uusi tarindeid: aluseid, treppe, lagesid, katusekonstruktsioone.¹⁷ Huvitava kõrvalpöikena tasub siinjuures mainimist, et kõik uutes tarindites kasutatud raudtalad (kokku

¹⁵ Tallinna RT "Estonia" taasehitamise konstruktiivne osa. I kd. Joonis B-13. Tallinn, 1946. Eesti Riigiarhiiv, f. T-14, n. 4-4, s. 32.

¹⁶ Laul, H. Insenerlik osa Riikliku Teatri Estonia taastamisprojekti koostamisel. Ettekanne Tallinna Polütehnilise Instituudi teaduslikul sessioonil 18. septembril 1946. a. Käsikiri. Heinrich Laulu arhiiv.

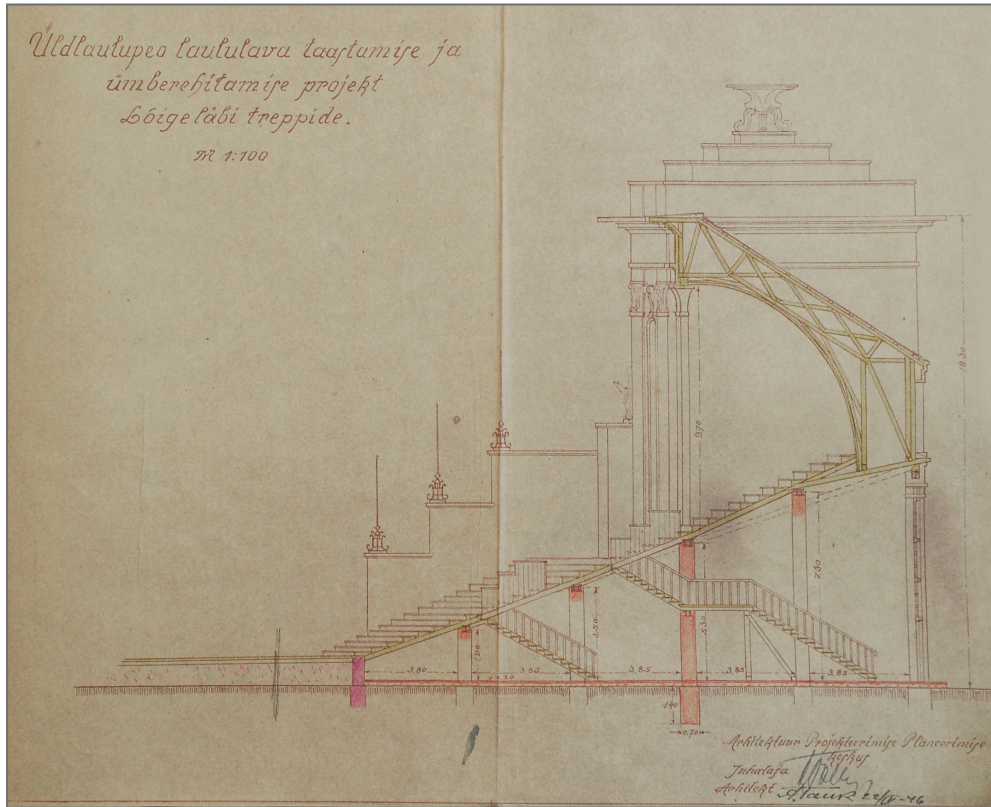
¹⁷ Tallinna RT "Estonia" taasehitamise konstruktiivne osa. Kd I-IV. Tallinn, 1946-47. Eesti Riigiarhiiv, f. T-14, n. 4-4, s. 32-34.



"Estonia" teatri taastamisprojekti konstruktiivne osa. Kontserdisaali lae parandamine. Allikas: Eesti Riigiarhiiv



Heinrich Laul Tallinna vana laululava rekonstrueerimisel (1947). Allikas: TTÜ ehitusteaduskonna ehitiste projekteerimise instituudi arhiiv

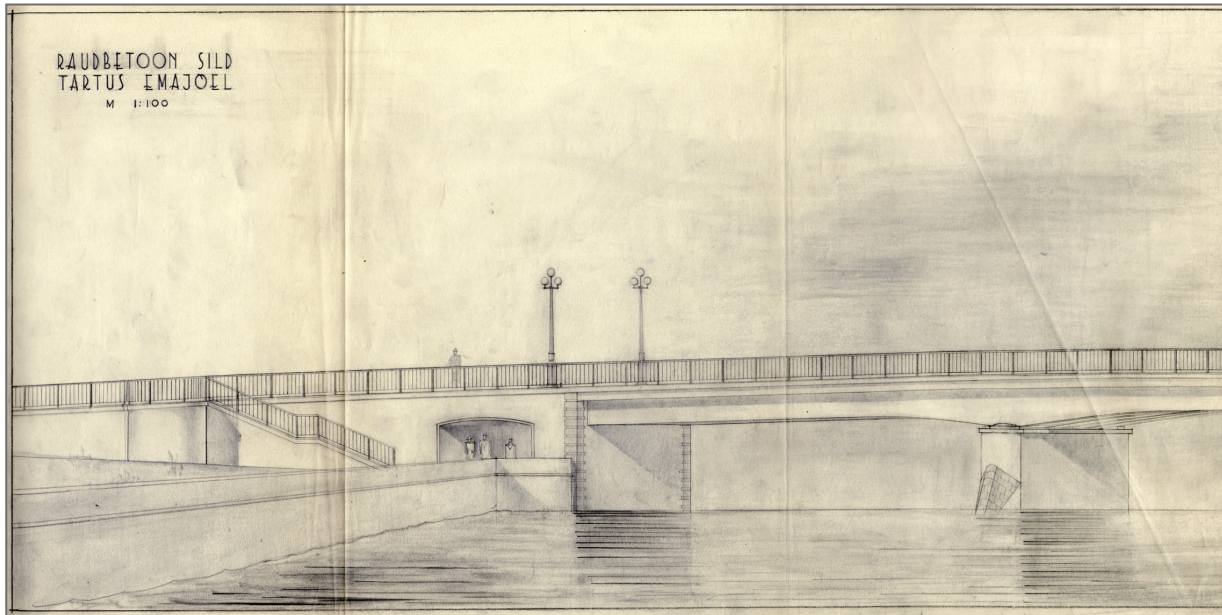


Tallinna vana laululava rekonstrueerimisprojekt (arhitekt August Tauk, 1946). Allikas: Tallinna Linnaplaneerimise Ameti arhiiv

ca 150 tonni!) olid pärit "Estonia" varemetest. Enne taaskasutust vajasisid talad õgvendamist, mis teostati üsna lihtsate vahenditega kohapeal.¹⁸

Arhitektuuri Valitsuses oli H. Lau seotud ka Tallinna vana laululava rekonstrueerimisega. Arhitekt August Tauki projekti järgi valminud ehitise konstruktsioonid projekteeriti H. Lau juhendamisel. Kahjuks jäi selle ehitise elu väga lühikeseks. Puudulik ehituskvaliteet põhjustas kandekonstruktsioonide seisukorra kiire halvenemise, samuti polnud laululava akustika kuigi hea. 1950ndate aastate lõpul vana laululava lammutati ning selle asemele rajati 1960. aasta üldlaulupeoks uus, suure kõlaekraaniga laululava, mille projekteerimisest ja ehitamisest tuleb juttu allpool.

¹⁸ Lau, H. Insenerlik osa Riikliku Teatri "Estonia" taastamisprojekti koostamisel. Käsikiri Heinrich Lau isikuarhiivis.



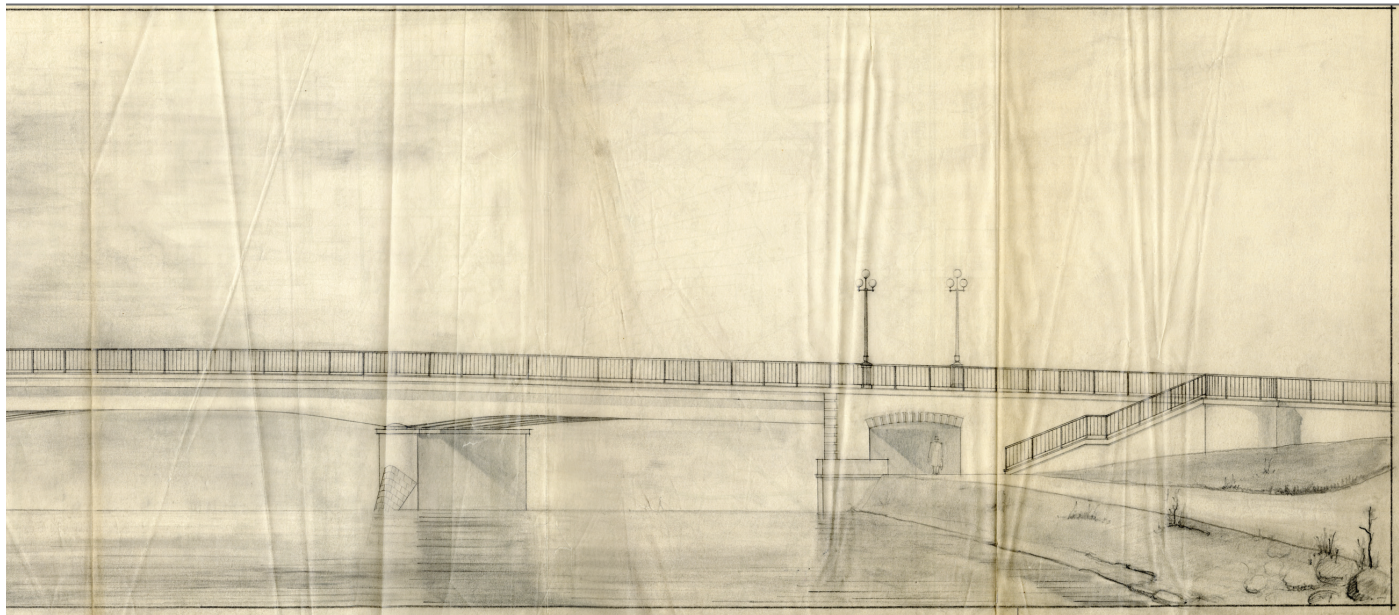
Tartu Vabadussilla rekonstrueerimisprojekt (projekti autorid Hugo Oengo ja Heinrich Laul, 1946). Perspektiivjoonistus. Allikas: Eesti Riigiarhiiv

H. Laulu teostamata rekonstrueerimisprojektidest Arhitektuuri Valitsuses väärivad tähelepanu Narva linna hoonete taastamisprojektid ning Tartu Vabadussilla projekt. Arhitekt August Volbergi juhendamisel koostas Laulu konstruktoritegrupp teater "Võitleja" rekonstrueerimisprojekti¹⁹ ning koos arhitekt Friedrich Wendachiga Narva kinoteater „BI-BA-BO“, mis oli tuntud ka "Ilmarise" nime all, rekonstrueerimise projekti.²⁰ Mõlemad jäid teostamata.

1926. aastal rajatud ning 1941. aastal sõjapurustusi saanud kaunis kolmeavaline raudbetoonist Tartu Vabadussild kavatseti taastada originaalilähedaselt. Professor Hugo Oengoga koostöös valminud rekonstrueerimisprojekti puhul oli H. Laul ise konstruktori rollis ning tegi arvatavasti suure osa tehnilistest arvutustest. Eesti

¹⁹ Narva teater "Võitleja" tehniline projekt. Lagede joonised. Graafiline osa. Eesti Riigiarhiiv, f. T-14, n. 4-1, s. 96.

²⁰ Narva kinoteater „BI-BA-BO“ 44–46. Konstruktsioonid. Eesti Riigiarhiiv, f. T-14, n. 4-6, s. 25024.



Riigiarhiivis säilitatava projektdokumentatsiooni juures asub ilus grafitpliatsi joonistus, mille autoriks võib samuti olla H. Laul.²¹

Arhitektuuri Valitsuses koostas H. Laul koos kolleegidega ka Tallinna Riikliku Trüki-koja ning Tallinna Filterveevärgi pumbamaja rekonstrueerimisprojekti.²² Neist viimase projekti kaasautoriks oli insener Arnold Taremäe.²³

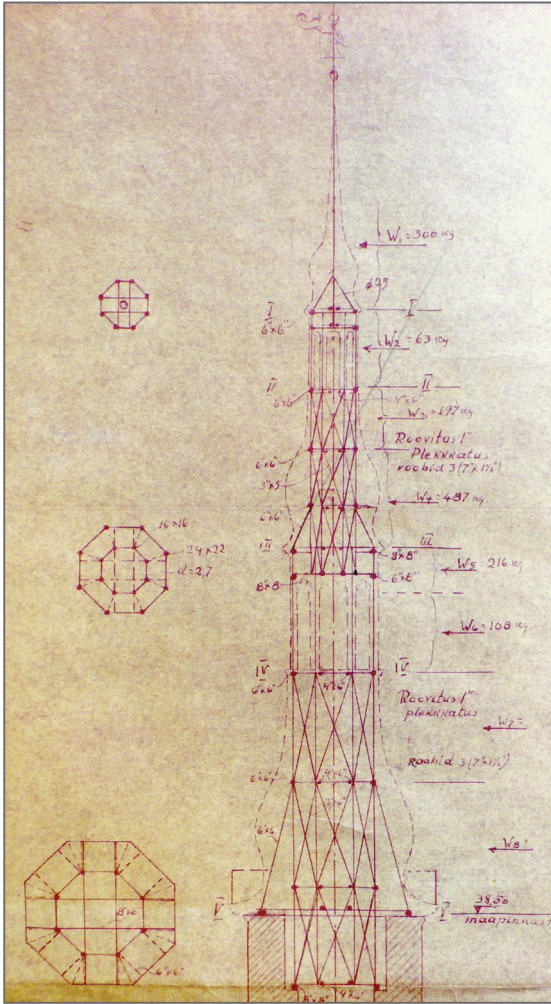
Ajastule omaselt kasutas Heinrich Laul restaureerimistöodel meelsasti raudbetooni. "Estonia" teatri ja Tallinna elektrijaama²⁴ vanade raudbetoonist tarindite

²¹ Tartu raudbetoonsild Emajõe Laia ja Vene tänava vahel. Kaldasammaste joonised, punnseinte ja vaiade plaan, rakenduste plaan, põiklõige, piki- ja põiktalade joonised, valgustusmast, käsipuud, lahtise toega jõesammas, tugiosad, jäämurdja ninakivid, üldjoonis, pealesõitude joonised, trepid. Eesti Riigiarhiiv, f. T-14, n. 4-6, s. 25362.

²² Arhitektuuri Valitsuse juhataja August Volbergi soovituskirja signeerimata eksemplar 30.09.1946. Nimetu kaust H. Laulu õppejõutööd ning dotsendiks kandideerimist käsitlevate dokumentide ja nende mustanditega (1946–1947). Heinrich Laulu arhiiv.

²³ Tallinna Filterveevärgi pumbamaja projekt. 3-1946. Arhitektuur-ehituslik osa. Eesti Riigiarhiiv, f. T-14, n. 4-6, s. 25105.

²⁴ Loe lähemalt H. Laulu 1989. aasta artiklist "Mõningaid märkusi Tallinna ehituspinnase, Oleviste kiriku, laululava ja elektrijaama kohta" käesolevas kogumikus lk 104–107.



Tallinna raekoja tornikiivri konstruktiivne skeem (konstruktor Heinrich Laul). Allikas: Muinsuskaitseameti arhiiv

kindlustamise kõrval sai uue raudbetoonist altarikupli Põltsamaa kirik²⁵ ning betooniga paigati Aleksander Nevski katedraali telliskuplit.²⁶ Vajadusel võis H. Laul lahendada ka traditsioonilisemat tarindust, heaks näiteks on siin Tallinna raekoja tornikiivri puittarindus. II maailmasõjas hävinud torn taastati 1952. aastal. Kui kiivri

²⁵ Loe lähemalt H. Lauulu 1985. aasta artiklist "Mina ja kirik" käesolevas kogumikus lk 98–103.

²⁶ Laul, Heinrich. Meenutusi meie ehitustegevusest ja muustki. Tallinn: Tallinna Tehnikaülikool, 1990, lk 45.

Tallinna raekoja rekonstrueeritud tornikiiver (arhitekt Albert Kukk, 1951–1952). Foto autor: Martin Siplane



väliskuju juures sai arhitekt Albert Kukk järgida 1935. aasta fotolt tuvastatavat vormi, siis konstruktsiooni osas teave puudus ning teised vanalinna tornikiivrid eeskujuks ei sobinud. Nii tuli H. Laulul kavandada lähtuvalt vajalikust väliskujust ja tehtud staatilistest arvutustest täiesti uus tarind, mis koosneb kahest kaheksakandilisest sõrestikust. Kõik puitühendused tehti tappidega, kindlustades neid vajadusel raudklambrite, poldide ja kobadega.²⁷

²⁷ Raekoda. Torni restaureerimise projekt. Tallinn, 1951. Muinsuskaitseameti arhiiv, s. P-55.



IV kursuse tudeng Uno Nigul koos dotsent Heinrich Lauluga vesiehituse laboris (1952 või 1953). Allikas: Heinrich Laulu arhiiv

H. Laul ei mahu stereotüüpse modernistliku inseneri raamidesse: tema töödest ja kirjutistest kumab läbi iseendastmõistetav austus kultuuripärandi vastu – olgu selleks siis vanem ehituspärand või klassikaline muusika. Küllap on oma roll siin gümnaasiumist kaasa saadud tugeval humanitaartaustal.²⁸ Omamoodi märgilise-na mõjub H. Laulu kui ehitusteaduskonna dekaani 1955. aastal Rahva Hääles ilmunud, koos dotsent Enno Soonurmega kirjutatud kiri, mis toonitab vajadust suunata ressursse vanalinna ehitismälestiste restaureerimisse ja hooldamisse ning suhtub kriitiliselt ainult tulevikku suunatud hoiakule. H. Laulu meelsuse võtab hästi kokku kirjutise ajatult aktuaalne lõppsõna: *"Kulutused, mis on tehtud muinsusehittuste taastamisel, pole muidugi nii rentaablid kui uue eluhoone püstitamisel. See on muidugi õige seisukoht, kuid peab siiski silmas pidama asjaolu, et iga varisenud mälestusmärk on jäädav kaotus inimkonna kultuuriajaloole."*²⁹

²⁸ H. Laul lõpetas Tallinna Linna Poeglaste Humanitaargümnaasiumi (praegu Gustav Adolfi Gümnaasium) humanitaarharu, kus õpingutes olid olulisel kohal kreeka ja ladina keel.

²⁹ Laul, H, Soonurm, E. Kivid peaksid kisendama. [Puudustest Tallinna muinsusvarade hooldamisel. Kiri toimetusele]. – Rahva Häälel, 17.06.1955.

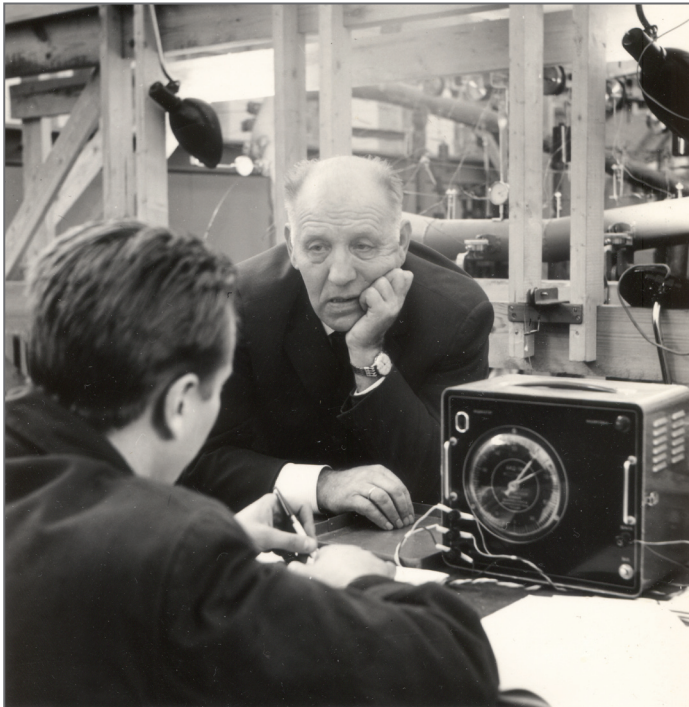


Ehituskonstruksioonide kateeder novembris 1978. Allikas: TTÜ ehitusteaduskonna ehitiste projekteerimise instituudi arhiiv.

Ehitusteadlase ja õppejõuna Tallinna Tehnikaülikoolis

H. Laulu akadeemiline karjäär sai alguse II maailmasõja järel. 1945. aasta sügisest asus ta vanemõpetajana tööle muudetud nimega Tallinna Polütehnilise Instituudi ehitus- ja mehaanikateaduskonna ehituskonstruksioonide kateedris. Aasta hiljem sai temast kateedri dotsent ning 1947. aastal valiti H. Laul ehitusteaduskonna dekaaniks, kellena töötas kuni 1958. aastani. 1950. aastal asus Laul Ottomar Maddisoni lahkumise järel juhtima ka ehituskonstruksioonide kateedrit, kuhu jäi ametisse kuni 1975. aastani. H. Laul oli silmapaistev organisaator ning tema suureks oskuseks oli sidusa kollektiivi loomine. Ehituskonstruksioonide kateedris valitsenud õhkkonda on kiitnud mitmed H. Laulu toonased kolleegid ning iseloomustanud sealset töökeskonda professionaalse, motiveeriva ning usalduslikuna.³⁰

³⁰ Vestlus TTÜ emeriitprofessor Valdek Kulbachiga 19.07.2010 ning emeriitdotsent Enno Soonurmega 06.08.2010. Vestluste salvestused artikli autorite valduses.



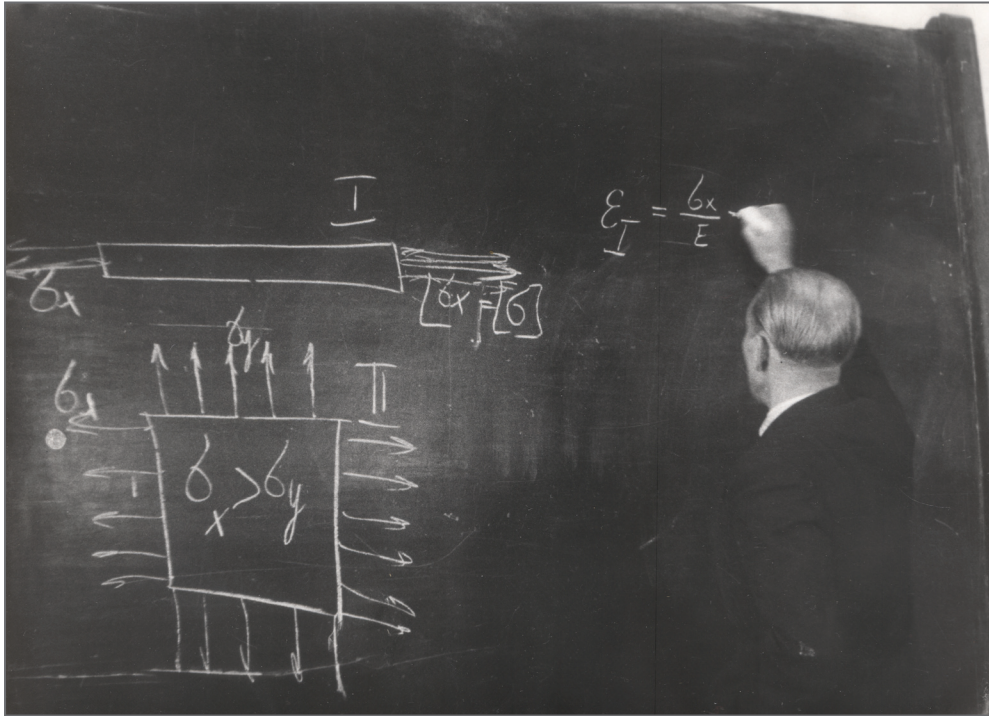
Professor Heinrich Laul juhendamas diplomandi (1970ndad aastad). Allikas: Heinrich Laulu arhiiv

1945.–1946. õppeaastal luges H. Laul tugevusõpetust arhitektuuritudengitele. Järgneval õppeaastal alustas ta raudbetooni ja puitsildade kursuste läbiviimist ehitusosakonna üliõpilastele ning luges ehitusstaatikat arhitektuuritudengitele. Äsja kandidaadi väitekirja kaitsnuna ning dekaaniks saanuna pidas H. Laul 1947. aasta sügissemestril raudbetoonkonstruktsioonide ning sildade alaseid loengukursusi.³¹ Edaspidi luges H. Laul peamiselt raudbetooni kursusi, kuid pühendas suure osa ajast ka aspirantide ja diplomandide juhendamisele. Regulaarseid loenguid pidas H. Laul kuni 1984. aastani, ent aspirantide juhendamise, erialanõukogu töö ning muude ülesannetega tegeles ta veel 1988.–1989. õppeaastal.³²

Õppejõuna oli H. Laul nõudlik, ent õiglane ning soovis oma tudengitelt ja alluvatelt maksimaalset pühendumist. Professor Ülo Tärno arvates mõjutasid H. Laulu loengud tudengeid siiski vähem kui tema suurepärase tehniline vaist, mõtte-

³¹ Nimetu kaust H. Laulu õppejõutööd ning dotsendiks kandideerimist käsitlevate dokumentide ja nende mustanditega (1946–1947). Heinrich Laulu arhiiv.

³² Heinrich Laulu isikutoimik. Tallinna Tehnikaülikooli arhiiv.



Heinrich Laul loengut pidamas (foto 1940.–1950. aastatest). Allikas: TTÜ ehitusteaduskonna ehitiste projekteerimise instituudi arhiiv

käikude insenerlik selgus ning isiklikud seisukohad. Professor Laul püüdis keerukaid nähtusi võimalikult lihtsalt selgitada ning püüdlas arvutuskäikude läbipaistvuse poole.³³

Raudbetoonkoorikute insenerliku koolkonna rajajana

H. Laulu teadustöö hõlmas mitmeid erinevaid valdkondi nagu rippkonstruktsioonid, raudbetoonsildade projekteerimise küsimused, karkasshoonete arvutus, raamkonstruktsiooni armatuuri minimeerimine,³⁴ pingepressikeste kasutamine gaasbetoonpaneelide armeerimisel, betoonipingete vahetu mõõtmine induktiiv-

³³ Tärno, Ülo. Pool sajandit professor Heinrich Laulu raudbetoonkoorikute koolkonda. – *Insener kui inimene : artiklid, esseed, esinemised, meedia*. Tallinn : Tallinna Tehnikaülikooli kirjastus, 2009, lk 212.

³⁴ Alumäe, Nikolai. Heinrich Laul 70. – *Ehitusinsenerid TPI-st*. Tallinn : Valgus, 1986, lk 132.



Professor Heinrich Laul silindrilise kooriku katsemudeli ees (1973 või 1974). Allikas: Tallinna Tehnikaülikooli Muuseum

anduritega.³⁵ Keskse kohal H. Laulu teadusloomingus on koorikud, mille kohta ta on avaldanud 74 teaduslikku uurimust. Sama teema erinevate variatsioonidega on tegelenud paljud tema õpilased: H. Laul on juhendanud 51 diplomi-, 33 kandidaadi- ja 5 doktoritööd koorikutest.³⁶ See annab alust kõneleda Heinrich Laulu raudbetoonkoorikute koolkonnast.

Eellugu Eesti koorikute uurimise koolkonna tekkele ulatub H. Laulu üliõpilaspõlve. 1937.–1939. aastal luges Tehnikaülikoolis raudbetooni ja puitkonstruktsioonide kursusi 1934. aastal Dresdeni Tehnikaülikooli lõpetanud ning pärast Eestisse naasmist Teedeministeeriumi inseneri ja seejärel sõltumatu konsulteeriva insenerina töötanud August Komendant, kes oli õppinud kuulsa betooniteadlase professor Kurt Beyereri käe all. Nikolai Alumäe on oletanud, et just A. Komendandi loengutest

³⁵ Heinrich Laul : publikatsioonid 1946–1980. Koostajad Enno Soonurm ja Imbi Kaasik. Tallinn : Tallinna Polütehniline Instituut , 1980, lk 9–10.

³⁶ Tärno, Ülo. Professor H. Laulu õhukeseseinaliste raudbetoonkoorikute koolkonnast TPIs. – *Insener kui inimene: artiklid, esseed, esinemised, meedia*. Tallinn : Tallinna Tehnikaülikooli Kirjastus, 2009, lk 146.



Heinrich Laul (paremal) ja Nikolai Alumäe (vasakul) professor Ottomar Maddisoniga Heinrich Laulu töö küsimusi arutamas (aprill 1948). Allikas: Tallinna Tehnikaülikooli Muuseum

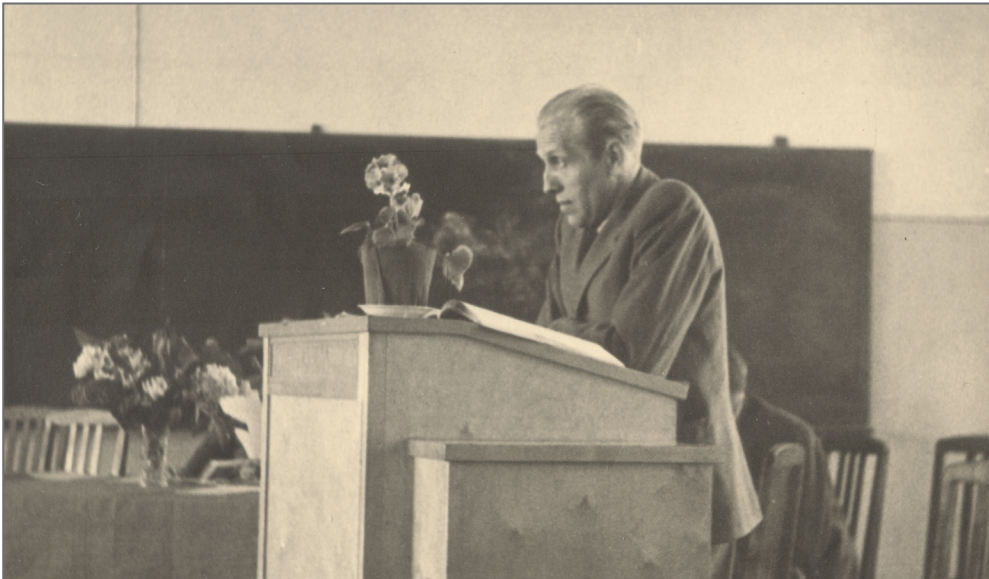
sai H. Laul tõe koorikutega tegelemiseks.³⁷ A. Komendant tõi Tehnikaülikooli maailmatasemel teoreetilised teadmised³⁸ ning küllap ärgitas ka tema üliõpilastele pillatud väide, et koorikute teooria on vaid vähestele hõlmatav, erksamaid tudengeid oma suutlikkust tõestama.³⁹

Koorikute uurimine oli II maailmasõja järgsel ajal ehituskonstruksioonide valdkonnas kahtlemata üks keerulisemaid, aga seeläbi ka paeluvamaid ülesandeid. Esimeseks eestlaseks, kes koorikute teadusliku uurimiseni jõudis, võib pidada H. Laulu kursusekaaslast Nikolai Alumäed. Sõja ajal viibis N. Alumäe Ukraina TA

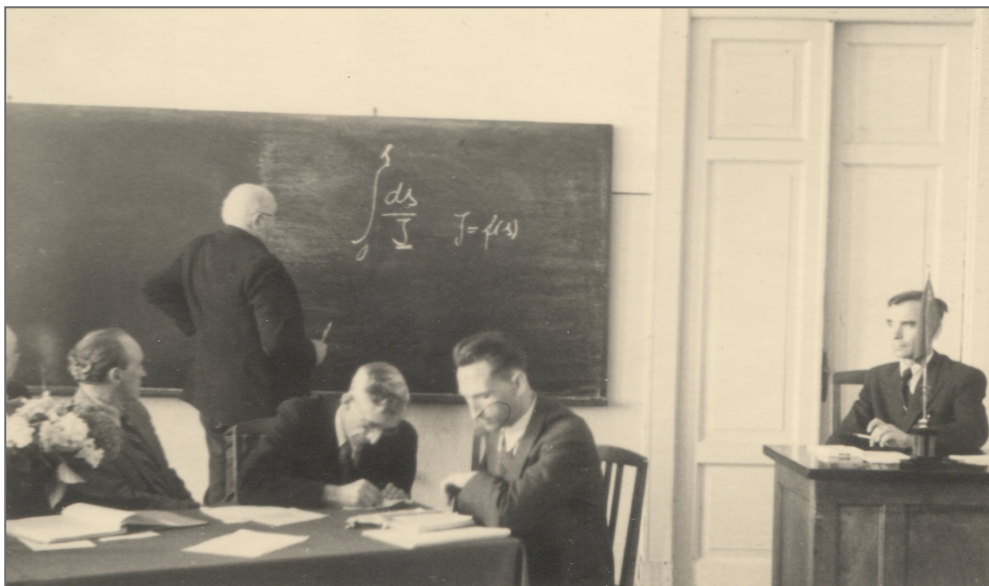
³⁷ Alumäe, Nikolai. "Aegu ammuseid arutan". – *Ehitus ja Arhitektuur*, nr 1 1986, lk 18.

³⁸ Nikolai Alumäe on meenutanud, kuidas esimesena tegi uued meetodid endale selgeks H. Laul, tema järel aga ka professor Ottomar Maddison, kes siis pärast August Komendandi lahkumist Eestist viimase "maaletoodud" teooriat edasi õpetas.

³⁹ Alumäe, Nikolai. Kuidas keegi. – *Ehitusinsenerid TPI-st*. Tallinn : Valgus, 1986, lk 116–117.



Heinrich Laulu oma kandidaadi väitekirja kaitsmisel 18.06.1947. Allikas: Heinrich Laulu arhiiv



Heinrich Laulu kandidaadi väitekirja kaitsmine 18.06.1947. Tahvli ees professor Ottomar Maddison. Allikas: Heinrich Laulu arhiiv



Heinrich Laul (paremalt esimene) ja Nikolai Alumäe (paremalt teine) koos perekond Allikasega vabas õhkkonnas. Allikas: TTÜ ehitusteaduskonna ehitiste projekteerimise instituudi arhiiv

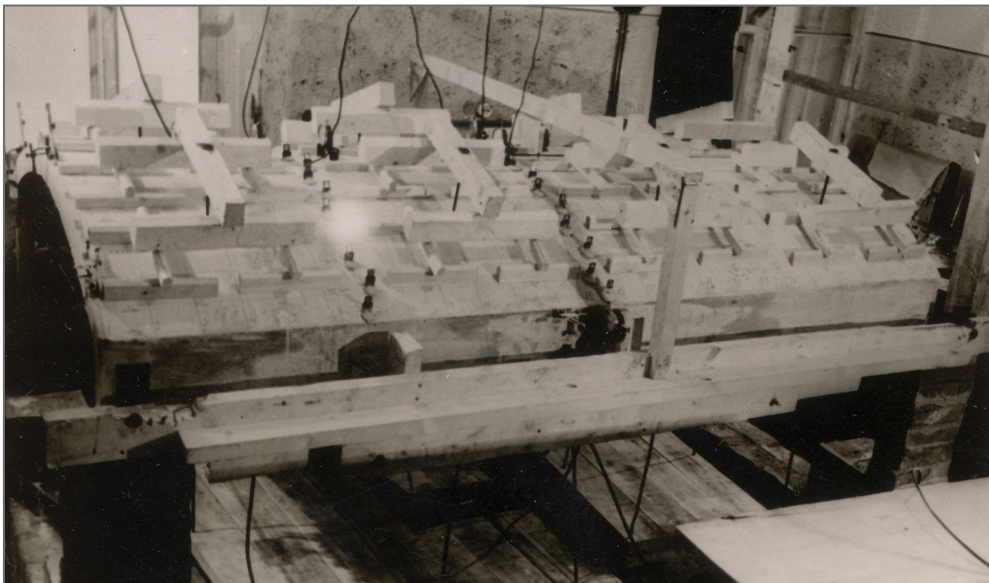
Mäeteaduste Instituudis aspirantuuris, kus kaitses tehnikateaduste kandidaadi väitekirja õhukeste koorikute käitumisest pärast kriitilist piiri.⁴⁰

Nikolai Alumäe naasmine Eestisse 1945. aastal innustas arvatavasti H. Laulu koorikute uurimisega teaduslikult tegelema. Oma kandidaativäitekirja kaitses H. Laul TPI-s 1947. aastal küll raudbetoonplaatide alal, kuid juba 1950ndate aastate alguses ilmus temalt rida teaduslikke artikleid silindriliste koorikute arvutusprobleemidest.⁴¹

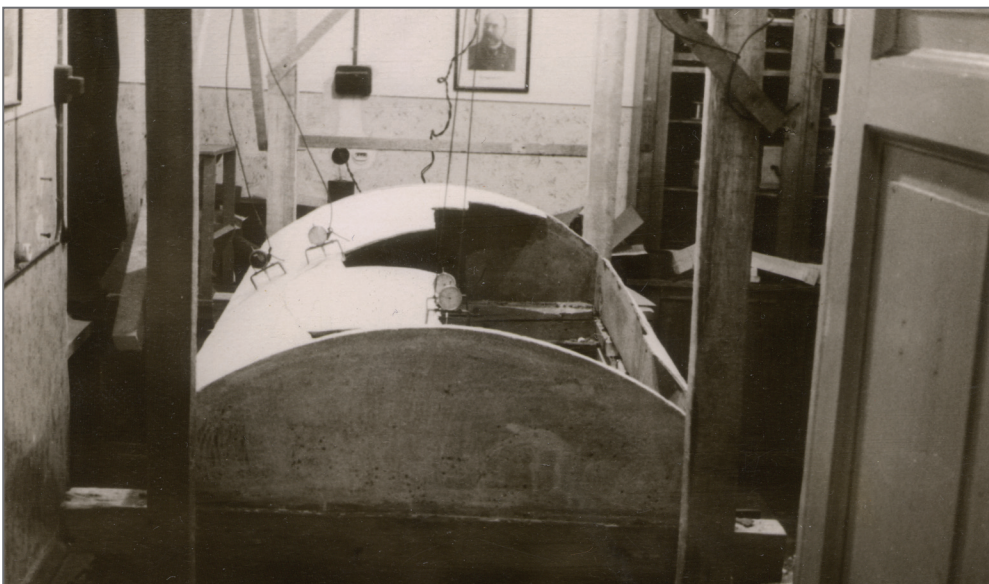
Erinevalt Nikolai Alumäest oli H. Laulu uurimissuund praktilisema kallakuga. Teda ei huvitanud mitte niivõrd koorikute arvutamise matemaatilise teooria sügavustesse tungimine, kuivõrd insenerlike, reaalses projekteerimistöös hõlpsasti rakendatavate meetodite loomine. Selleks tuletas H. Laul klassikalisest koorikuteooriast

⁴⁰ Laul, Heinrich. "Alumäe oli alustaja". – *Sirp ja Vasar*, 13.09.1985.

⁴¹ Heinrich Laul : publikatsioonid 1946–1980.



Silindrilise kooriku mudeli katsetamine. Allikas: Heinrich Lauu arhiiv



Sama mudel pärast katsetamist. Allikas: Heinrich Lauu arhiiv

lahkneva, nihkepingete aproksimatsioonimeetodi, mis võimaldas suhteliselt lihtsalt hinnata tekkivate sisejõudude suurust ja paigutust ning määrata selle alusel tarindi gabariidid. Meetodit rakendati esmalt silindriliste koorikute juures, hiljem ka teistsuguse kujuga koorikute arvutamisel nii Eestis kui mujal Nõukogude Liidus, samuti Lääne-Saksamaal, Indias, Hiinas.⁴² 1955. aastal kaitses H. Laul tollases Leningradi Raudteetranspordi Inseneride Instituudis doktoriväitekirja silindriliste koorikute ja prismaliste tahkkandjate arvutamisest.

Nii üliõpilaste juhendamisel kui laiemas teadustegevuses jäi Nikolai Alumäe esindatud matemaatilis-teoreetiline suund H. Laulu insenerlikku koolkonda toetama. Heade sõpradena juba ülikooli ajast jagasid nad vastastikku kasulikke näpunäiteid ega jätnud vajadusel ka kõvahäälselt erialaseid eriarvamusi väljendamata.⁴³

H. Laulu koorikute uurimise koolkonda iseloomustab tugev eksperimentaalne kallak, kus arvutusmeetodi leidmiseks või kontrollimiseks tehti katseid tarindi mudelil. Esimesed katsed raudbetoonist mudelitega viisid läbi H. Laul ja tema aspirant Uno Nigul 1955.–1956. aastal.⁴⁴ Edaspidi kujunes mudelite katsetamine H. Laulu juhendatavate aspirantuuris peaaegu nii-öelda "kohustuslikuks repertuaariks". Eksperimentaatorid tuletasid mudeli katsetuste põhjal arvutusteooria ja teoreetikud kasutasid katsete tulemusi teooria kinnitamiseks.

Paradoksaalne on asjaolu, et kuigi TPI koorikute uurimise koolkond oli suunatud projekteerijale vajalike praktiliste meetodite väljatöötamisele ning oma töödes katsetati paljusid erinevaid mudeleid, on Eestis realiseeritud vaid üksikud koorikonstruktsioonid. Positiivsete näidetena võib välja tuua Narva mööblivabriku tootmistehhi silinderkoorikkatuse (Eesti Tööstusprojekt, 1960–1962), EKP Keskkomitee, praeguse Eesti Välisministeeriumi hoone istungitesaali (Eesti Projekt, 1964–1968) ning TTÜ peahoone (Eesti Projekt, 1959–1963) koorikkatused. H. Laulu aspirandid Ülo Tärno ja Vello Hütsi töötasid vastavalt Tööstusprojekti ja Eesti Projekti inseneridena ning neil õnnestus seeläbi oma akadeemiline uurimistöö praktikaga siduda. Üldjuhul takistas raudbetoonist koorikonstruktsioonide kasutamist ehitusel Nõukogude Liidu üldine tüüpprojekte soosiv ehituspoliitika, milles koorikutele polnud kohta. Olulist rolli mängisid siinjuures ka toleaeagsed ehitusorganisatsioonid, kes olid huvitatud võimalikult suure materjalikulu näitamisest, mis koorikute kui materjalikasutuselt väga ökonomsete tarindite puhul võimalik polnud.

⁴² Tärno, Ülo. Professor H. Laulu õhukeseseinaliste raudbetoonkoorikute koolkonnast TPIs. – *Insener kui inimene: artiklid, esseed, esinemised, meedia*. Tallinn : Tallinna Tehnikaülikooli Kirjastus, 2009, lk 146.

⁴³ Vestlus TTÜ professori Karl Öigeriga 01.06.2010. Vestluse salvestus artikli autorite valduses.

⁴⁴ Tärno, Ülo. Professor H. Laulu õhukeseseinaliste raudbetoonkoorikute koolkonnast TPIs. – *Insener kui inimene: artiklid, esseed, esinemised, meedia*., lk 146.



Narva mööblivabriku tootmistsehh (Eesti Tööstusprojekt, 1960–1962). Foto autor: Martin Siplane



Narva mööblivabriku tootmistsehi silinderkoorikatus ehitus. Allikas: Heinrich Laulu arhiiv



EKP Keskkomitee hoone (Eesti Projekt, 1964-1968) konverentsisaali hüparkatuse ehitus. Allikas: TTÜ ehitusteaduskonna ehitiste projekteerimise instituudi arhiiv

Nii jäi Eesti kooriku-uurijate koolkonna peamiseks väljundiks akadeemiline kanal: publitseerimine teadusajakirjades ning osalemine erialakonverentsidel. Koorikualaseid konverentse korraldati mitmel korral ka Eestis. Teiste hulgas toimus siin H. Laulu eestvedamisel esimene üleliiduline koorikute ja plaatide teooria konverents (1957).⁴⁵

⁴⁵ Tärno, Ülo. Raudbetoonkoorikute uurimisest Eestis. – *Insener kui inimene: artiklid, esseed, esinemised, meedia*, lk 143.



Esimesest üleliidulisest koorikute ja plaatide teooria konverentsist (1957) osavõtjad teel Tartust Tallinna. Heinrich Laul esireas paremalt kolmas. Allikas: TTÜ ehitusteaduskonna ehitiste projekteerimise instituudi arhiiv

Õpikud

H. Laulu kui ehitusteadlase ja õppejõu üheks oluliseks väljundiks kujunes õpikute ning metoodiliste materjalide koostamine. Tema kirjutatud "Raudbetoon. I" ja "Raudbetoon. II" on tänaseni ehitusinseneride ja arhitektide koolitamisel kasutatav õppematerjal. Koos kolleegidega osales H. Laul raamatu „Ehituskonstruksioonide alused“ koostamisel ning aitas kirjutada erinevaid metoodilisi juhendeid.⁴⁶

⁴⁶ Laul, Heinrich. "Raudbetoon. I". Tallinn : Eesti Riiklik Kirjastus, 1960; "Raudbetoon. II". Tallinn : Eesti Riiklik Kirjastus, 1962; "Ehituskonstruksioonide alused". Kaasautorid J. Aare, L. Allikas, V. Kulbach, V. Raidna. Tallinn : Valgus, 1969.

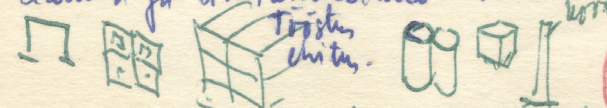
6. kvaliteedi määramine kolven
7. kall turja pidades.
8. Veoos lütkus.
9. Lõa liigigi võtja funktsioon.

Veod ehitamiseks?

3. Rakendus alad

	1970	1980	1990	2000
1970	25	165	85	260

Vundamendis, eiti määramiseks
 - eland ja ehituskonstruktsioonid



Põlvkonnajärje ehitamine - kinnid ehitamine

Transporditeh. / tee / liinid / ujumisevõrgud - lal vandes

manööverid / pingetsoonid

Rakendamine - õhuvõrgu ehitamine - kinnid

3. Betoon

betonitüüp → betoni tüüp
 betonitüüp + keemilised = betoni tüüp

betoni tüüp - betoni tüüp
 Portland betoni tüüp - all määramine betoni tüüp
 betoni tüüp, Portland betoni tüüp
 betoni tüüp, betoni tüüp, betoni tüüp
 betoni tüüp, betoni tüüp, betoni tüüp
 betoni tüüp, betoni tüüp, betoni tüüp
 vajalik vesi 15-20% Z

Heinrich Laulu raudbetoonkonstruktsioonide loengu konspekt 1968. a. sügisest. Allikas: Heinrich Laulu arhiiv



TPI ehituskonstruktsioonide kateedri poolt koostatud õpikud. Allikas: TTÜ ehitusteaduskonna ehitiste projekteerimise instituudi arhiiv

Raamatus "Raudbetoon. I" tutvustab H. Laul raudbetooni üldisi omadusi, ajalugu ning rakendusalasid. Pikemat käsitlust leiavad raudbetoonis kasutatavad materjalid, raudbetoonkonstruktsioonide arvutusmeetodid, pingebetoonkonstruktsioonid ning pingebetoonkonstruktsioonide arvutus. "Raudbetoon. II" seevastu keskendub suures ulatuses H. Laulu spetsiifilisele huvile – raudbetoonist koorik- konstruktsioonidele ning nende arvutusmeetoditele.⁴⁷

⁴⁷ Raudbetooniõpikute kõrval ilmus 1960ndate aastatel Tehnikaülikooli ehituskonstruktsioonide kateedri kollektiivi osalusel ning suuresti H. Laulu initsiatiivil terve rida eestikeelseid ehituskonstruktsioonide õpikuid. Tähtsamad neist on: Johannes Aare, Valdek Kulbach "Metallkonstruktsioonid" I ja II kd (vastavalt Tallinn : Eesti Riiklik Kirjastus, 1961 ja Tallinn : Valgus, 1970); Valter Raidna "Kivikonstruktsioonid" (Tallinn : Eesti Riiklik Kirjastus, 1961); Leonid Allikas, Valdek Kulbach "Puitkonstruktsioonid" (Tallinn : Eesti Riiklik Kirjastus, 1962). Loetletud autoritele omistati tehtud töö eest ENSV Riiklik preemia (1970).

Esimese eestikeelse raudbetooni käsiraamatu ettevalmistamist alustas insener August Komendant juba 1930ndate aastate lõpul, kuid see jäi lõpetamata tema sunnitud emigreerumise tõttu Saksamaale ning hiljem Ameerika Ühendriikidesse.⁴⁸ Kui A. Komendandi kavandatud raudbetooni käsiraamatu käsikiri näib olevat edasiarendus tema Tehnikaülikoolis peetud loengutest, siis sarnast lähenemist võib oletada ka H. Laulu puhul. 1960. aastaks, mil õpiku esimene osa ilmus, oli H. Laul lugenud raudbetooni kursust rohkem kui kümnel korral ning õpiku koostamiseks vajalik materjal pidi sisuliselt olema olemas. Tänapäevani on säilinud hulk H. Laulu loengute pidamise materjale, millest mitmed näivad olevat raudbetooni õpikute-eelsest ajast ning annavad alust arvata, et ka H. Laul kasutas oma loengute märkmeid õpiku kirjutamisel ning loengukursuste temaatilist ülesehitust õpiku struktuuri koostamisel.⁴⁹

H. Laulu raudbetooniõpikud olid tõekest teistele teaduskonna õppejõududele erialaste meetodiliste materjalide koostamisel. See tähendas eestikeelse tehnilise sõnavara arendamist ja kinnistamist, mille tähtsust nõukogude perioodi venestamistingimustes ei tohiks alahinnata.

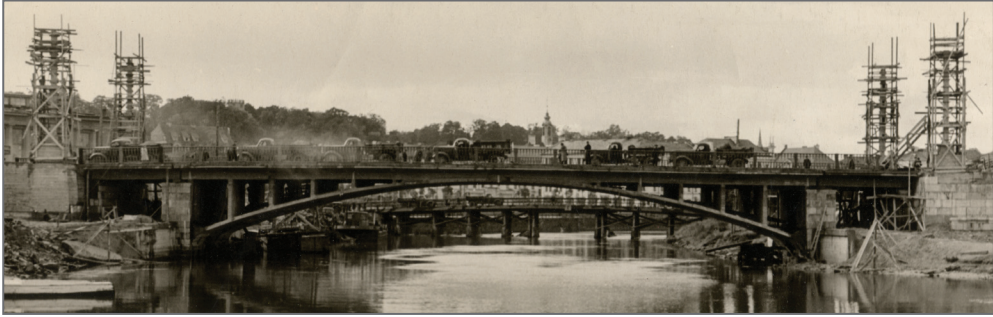
Ehituseksperdi ja konsultandina

Teadustegevuse, õppejõutöö ning administratiivse töökoormuse kasvu tõttu vähenes H. Laulu roll praktiseeriva ehitusinsenerina. Objektil töötava konstruktori töö asendus 1947. aastast alates üha enam auditoorse ning konsulteeriva inseneri tööga. Ent H. Laulu taandumine ehitusobjektilt ei vähendanud tema rolli ehitusspetsialistide nõustamisel. H. Laulu ning tema kolleegide roll ehituskonsultandina uusehitiste rajamisel ning erinevate avariiliste olukordade ekspertiiside teostamisel kasvas 1950ndatel aastatel kiiresti. Näiteks viidi 1950ndatel ja 1960ndatel aastatel koos Enno Soonurme ning teiste Tehnikaülikooli kolleegidega läbi arvukalt sildade, millest tuntumad on "Võidu" sild ja jalakäijatesild Tartus ning "Sõpruse" sild Narvas, proovikoormamisi. Koos kolleegidega teostati suurel hulgal ehitusavariide ekspertiise (Balti soojuselektrijaama masinaruumi raudbetoonist lagede praod, Viru hotelli põlengukahjustused jt).⁵⁰

⁴⁸ August Komendandi "Raudbetooni käsiraamatu" käsikirjalised mustandid Martin Komendandi valduses.

⁴⁹ Loengukonspektid Heinrich Laulu arhiivis.

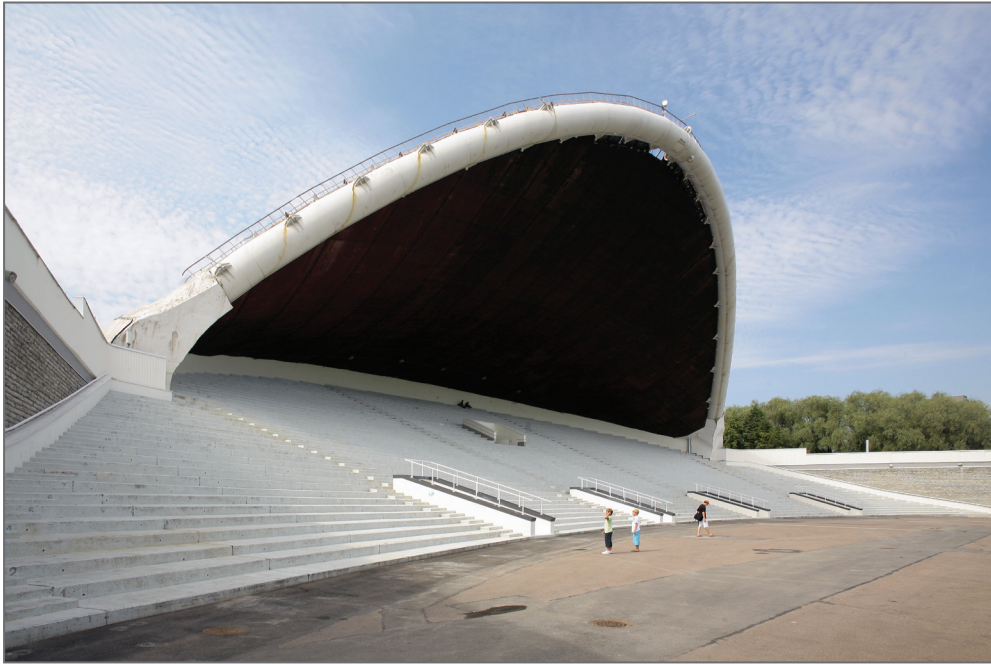
⁵⁰ Loe lisaks Heinrich Laulu artiklist "Kokkupuuted raudbetoonkonstruktsioonidega" käesolevas kogumikus lk 67–75.



Tartu "Võidu" silla proovikoormamine 1956. Allikas: Heinrich Lauulu arhiiv



Tartu "Võidu" silla proovikoormamine 1956. Allikas: Heinrich Lauulu arhiiv



Tallinna laululava (arhitekt Alar Kotli, 1958-1960). Foto autor: Martin Siplane

H. Laulu kõige olulisemaks Tehnikaülikoolis tehtud inseneritöökõks tuleb pidada Tallinna laululava kõlaekraani. 1957. aastal toimus Tallinna laululava, lauluväljaku ning nende kõrval paikneva Näituste väljaku arhitektuurivõistlus. I preemia vääriliseks tunnistati arhitekt Alar Kotli ja tema meeskonna esitatud töö. Edasiarendatud võidutöö keskseks elemendiks kujunes Lasnamäe nõlva allserva paigutatud laululava ning selle keeruka konstruktsiooniga kõlaekraan.⁵¹

Kõlaekraani näol oli tegemist suuremõõtmelise rippkonstruktsiooniga ning selle tehniline teostatavus tekitas Alar Kotlis kõhklusid. Arhitekt pöördus oma pikaaegse tuttava H. Laulu poole ning palus vastust küsimusele, kas ilma tugeveta esikaarega konstruktsioon on üleüldse teostatav. Vestluse juures viibinud Enno Soonurme kinnitusele palus H. Laul A. Kotlilt mõtlemisaega. Peagi valmisid H. Laulul esialgsed

⁵¹ Arhitektuuriajaloolase Mart Kalmu väitel leidis Alar Kotli laululava arhitektuurse ja tarindusliku eeskujud Ameerika Ühendriikides Põhja-Carolina osariigis Raleigh' linnas asuva J. S. Dorton Arena näol. Vt Kalm, Mart. Eesti 20. sajandi arhitektuur. Tallinn : Sild, 2002, 2. tr, lk 294–297.



Laululava kõlaekraani mudel. Esiplaanil Heinrich Laul. Allikas: Heinrich Laulu arhiiv

arvutused ning insener sai arhitektile kinnitada, et põhimõtteliselt on konstruktsioon teostatav, kuid selle projekteerimiseks tuleb läbi viia hulk katsetusi. Selleks rakendas H. Laul töösse suure osa Tehnikaülikooli toonase ehituskonstruktsioonide kateedri kollektiivist.⁵²

Kuivõrd maailma arhitektuurist polnud Tallinna laululava kõlaekraanile võtta analoogi, oli mudeli valmistamine ainuke võimalus konstruktsiooni toimimise katsetamiseks. Dotsent Allan Sumbaku juhtimisel valmistati laulukaare konstruktiivne mudel mõõdus 1:25 ning sellel viidi läbi hulgaliselt staatikat ja hiljem ka akustikat (prof Helmut Oruvee) puudutavaid katsetusi. Katsete tulemused edastati laululava projekteerimisega tegelenud Eesti Projekti konstruktoritele.⁵³ Analoogi puudumise

⁵² Vestlus Enno Soonurmega 06.08.2010. Salvestus artikli autorite valduses.

⁵³ Vt Heinrich Laulu ülevaatlisku artiklit "Tallinna laululavast ja arhitekt Alar Kotlist". – *Sirp ja Vasar*, 29.06.1984. Vt ka: Laul, H. Tallinna laululavast ja arhitekt Alar Kotlist. – *Meenutusi meie ehitustegevusest ja muustki*. Tallinn : Tallinna Tehnikaülikool, 1990, lk. 12–21. Sama artikkel on lühendatult ilmunud raamatus *Ehitusinsenerid TPI-st*. Koostanud Valdek Kulbach, Armas Luige, Enno Soonurm. Tallinn : Valgus, 1986, lk 150–152.

tõttu saab mudelit tinglikult nimetada laululava kõlaekraani prototüübiks, sest on ilmne, et ilma mudeli katsetamiseta oluks sadulakujulise rippkonstruktsiooni projekteerimine võimatu.

Tehnikaülikooli teadlaste roll laululava rajamisel ei piirdunud projekteerimisfaasiga. Nii Heinrich Laul, Valdek Kulbach, Johannes Aare, Enno Soonurm, Allan Sumbak, Evald Kalda kui teised, olid abiks ka ehitusplatsil, sest kõlaekraani püstitamine nõudis pidevat konsulteerimist ning järelevalvet. Keerukaimaks ehitustehniliseks probleemiks oli esikaart hoidva trossidevõrgu pingestamine ehk häälestamine, sest projekteerimisfaasis ei olnud võimalik lahendada trosside sisejõudude täpset jaotumist. Kõlaekraani trossid pingestati ehitusplatsil esikaare tõstmise järel ükshaaval ning nende tasakaalustamine kestis sisuliselt käsitööna mitu kuud.⁵⁴

Tallinna laululava kõlaekraani näol on tegemist silmapaistva ehitisega, mille konstruktiivne ja arhitektuurne lahendus moodustavad sümbiootilise terviku. Keelebarjäär ja raudne eesriie vähendasid omal ajal laululava potentsiaali saada üle maailma tuntud ehitiseks. Kuid veel tänapäevalgi võib seda välisriikides eksponeerida kui üht silmapaistvamat ehitist, mis Eesti pinnale eales ehitatud. Tallinna laululava võib julgelt võrrelda teiste maailma tuntumate insener-tehnilisel kõrgtasemel olevate arhitektuuriteostega, mis 20. sajandi jooksul ehitatud.

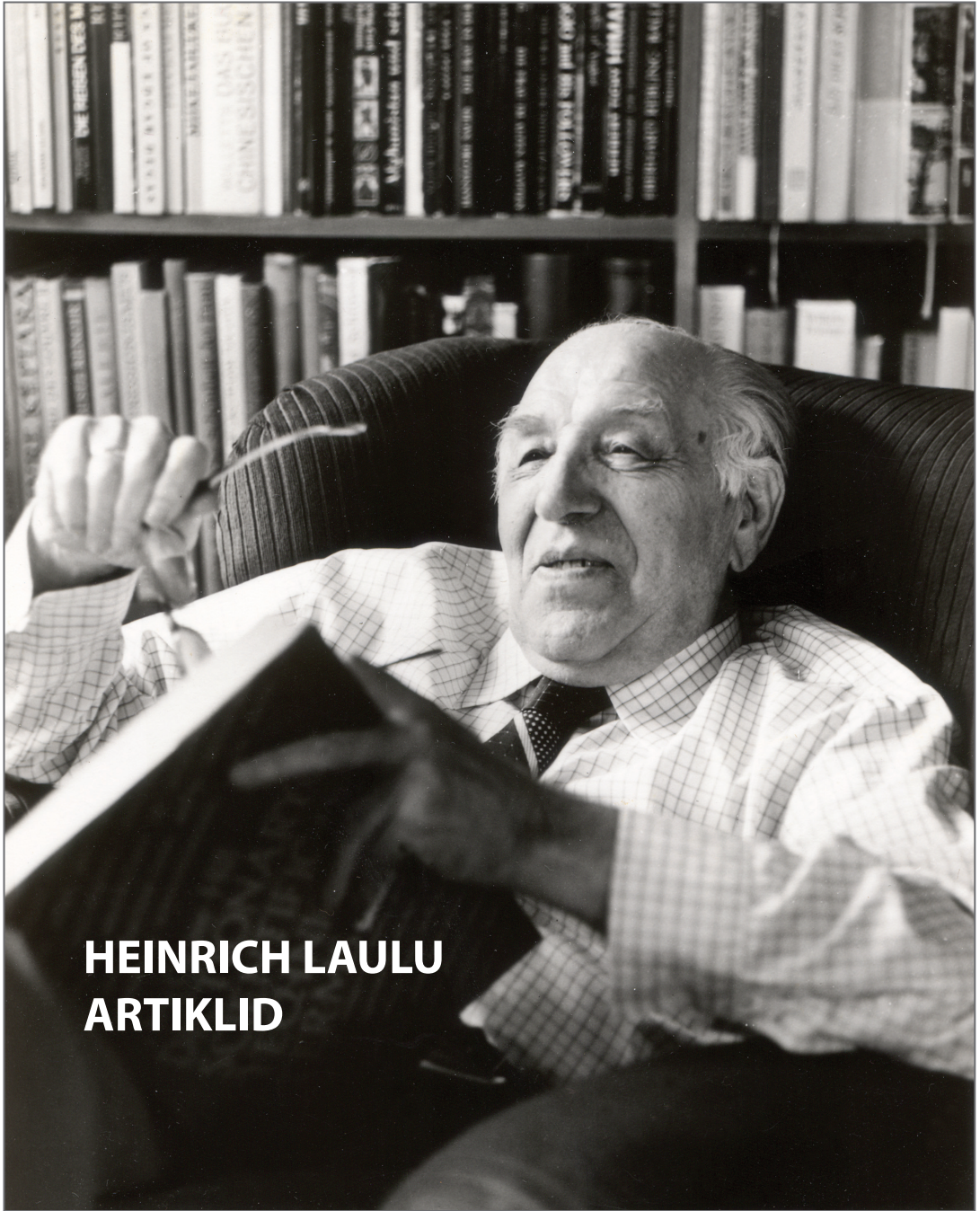
* * *

H. Laulu kui ehitusinseneri rolli tema karjääri erinevates faasides sobivad hästi iseloomustama "Estonia" teatri rekonstruktsioon ja Tallinna laululava. „Estonia“ puhul tegutses H. Laul objekti peakonstruktorina, tegi vajadusel tehnilisi jooniseid ning töötas järjepidevalt ehitusobjektil. Tallinna laululava puhul oli H. Laul pigem konsultandi ja ehitusteadlase rollis, kes oma arvukatest kolleegidest koosneva meeskonna toel varustas projekteerijaid alusuuringute tulemustega, nõustas üldistes insenertehnilistes küsimustes, ning oli abiks keerukaimas ehitusfaasis – rippkatuse paigaldamisel. Teater "Estonia" rekonstrueerimine on Laulu silmapaistvaim saavutus praktiseeriva ehitusinsenerina, konstruktorina, kes tegeleb reaalse ehitusprobleemidega. Laululava kõlaekraani konstruktiivne lahendus seevastu on teaduslikele uuringutele tuginev uuenduslik insenertehniline lahendus, mis iseloomustab H. Laulu ehitusteadlasena karjääri teisel poolel.

⁵⁴ Tehnikaülikooli ekspertide kollektiiv osales ka Tallinna laululava koopia ehitatud Vilniuse uue laululava kõlaekraani trosside häälestamisel. Vt Laul, Heinrich. "Tallinna laululavast ja arhitekt Alar Kotlist" käesolevas kogumikus lk 57–63.

H. Laul oli väga kriitiliselt meelestatud kommunistliku režiimi ning selle parteipoliitilise süsteemi suhtes. Võib vaid oletada, milliseks oleks kujunenud tema karjäär siis, kui Eestis oleks peale sõda säilinud demokraatlik ühiskonnakord ning vabaturumajandus. Tõenäoliselt oleks H. Laul oma heade organiseerimisvõimete abil suutnud üles ehitada tugeva inseneribüroo, mis võinuks tegeleda nii konsulteeriva kui projekteeriva ettevõttena. Spekulatiivseks jääb siinkohal nii see, kui suure rahvusvahelise haardega ettevõtteks oleks Laulu büroo kujunenud, kui ka see, millises suunas oleksid arenenud H. Laulu teaduslikud huvid. Tema mitmekülgne tegevus nõukogude ajal ei jäta siiski kahtlust, et tal oleks olnud head eeldused luua Eestisse prestiižne, rahvusvaheliselt tuntud inseneribüroo.

Nõukogude režiimi tingimustes sai H. Laul oma võimeid realiseerida eelkõige teadus- ja õppejõutöös Tallinna Tehnikaülikoolis. Süstemaatilise ja planeeriva tööga suutis ta kolleegide ja aspirantide abiga panna aluse koorikonstruktsioonide uurimisele keskendunud teaduskoolkonnale, mille liikmete tegevus on parimatel juhtudel küündinud maailma ehitusteaduse tipptasemele ning leidnud väljundi nii teaduslikes publikatsioonides kui Eesti silmapaistvamates ehitistes.



HEINRICH LAULU
ARTIKLID



Arhitekt Alar Kotlist ja “Estonia” taastamisest

Kui mind 1945. a. aprillis viidi üle Maanteede Valitsusest sildade inseneri kohalt Arhitektuuri Valitsusse “Estoniat” taastama, oli juba toimunud “Estonia” taastamisprojekti konkurss, mille oli võitnud arhitekt Alar Kotli. Kuid kaugelt suurem osa projekteerimistööst seisis veel ees, isegi tehnilise projekti staadiumi vormistamisel, rääkimata konstruktiivsetest lahendustest. Olgu märgitud, et alles 1946. a. veebruaris käis Alar Kotli koos minuga kaitsmas “Estonia” taastamisprojekti Liidu kultuuri-rahvakomissariaadis. Tegime seda edukalt.

Õieti ei olnud küsimus üksnes taastamises, vaid rekonstrueerimises. “Estonia” kompleksi üldmaht kasvas 75 000 m³-lt rohkem kui 100 000 m³-le. Tekkisid uued harjutussaalid, maalrisaalid, töökojad, lavakast läks tükk maad kõrgemaks ja, mis seal salata, ka paisuv administratsioon nõudis lisaruume. Pärnu maantee poole ehitati kogu hoone pikkuses juurde terve korpus, 2. keskkooli poolses otsas külglava koos keldris asuva katlamajaga, teatri- ja kontserdisaali vahelised ehitised muutusid täielikult, suurenesid mahus jne.

Projekteerimistöid tegi Kotli brigaad, mille koosseis oli muutlik (4–8 spetsialisti). Vaid Kotli ja mina olime alalised kuni minu siirdumiseni TPI-sse, kuid ka pärast seda jätkus minu koostöö Kotliga täies hoos.

Nüüd, peaaegu 40 aastat hiljem, kerkivad mu mällu üksikud pildid ilma liikumise ja dünaamikata, üksikud isikud ilma nimeta. Paljud asjaosalised on surnud või mööda ilma laiali. Eriti kurb on mõelda nendele tublidele töölistele, kes, mis rahvusest nad ka polnud, paratamatult jäävad anonüümseks.

“Estonia” ehitusplats nägi 1945. aastal välja nagu Paabeli torni ehitamine: seal võis kuulda eesti, saksa ja vene keelt, kusjuures peaaegu kõigile oli ainult emakeel arusaadav.

Peab tunnistama, et tööliste tase oli väga kõrge.

Eestlastest olid seal parimad sisevormistustööde spetsialistid: kipsornamentika, marmorkrohv, terratsopõrandad jne. Ka Tallinna tuntud armatuurimehed olid



Töökoosolek Estonia rekonstrueerimisplatsil (arvatavasti 1946 suvel), keskel Heinrich Laul. Allikas: Heinrich Laulu arhiiv

kohal, ning arvukad vene rahvusest mitmesuguste erialade töölised olid samuti tublid töömehed. Ehitusväeosadest pärit saksa vangide hulgas oli ka kõikide ehitustööde spetsialiste (välja arvatud viimistlustööd), kes töötasid hästi. Nii et tööjõudu oli ehitusplatsil küllalt, rohkem kui paljudel praegustel ehitusplatsidel. Ka olid kohal Tallinna vanad kogenud ehitusmeistrid eesotsas ehitusmeister Sarapuuga. Tuleb tunnistada, et ka ehitusmaterjalidest ei tundud puudust, mis on eriti märkimisväärne, kui arvesse võtta, et purustav sõda oli just parajasti üle käinud. Kogu vajalik teras, puit, tellis, tsement, lubi, klaas jm. saabus vastavalt vajadusele.

Ehitustööd tehti partisanlikul kombel. Ei olnud mingisugust vahet või ametkondlike barjääre ehitusorganisatsiooni, projekteerijate ja varustajate vahel. Mina pole praeguseni aru saanud, kes ma siis olin. Peaasjalikult projekti peakonstruktor, kuid sageli läksin vastvalminud joonisega (ja tihti originaaliga) ehitusplatsile ning otse töömeeste juurde. Ma justkui juhatasin ka ehitusplatsil tegevust. Samuti Kotli. Ka oli meil otsene kontakt "Estonia" teatri direktori Ants Lauteriga, kes tänapäeva mõistes oli tellija. Meil oli temaga suurepärase läbisaamine. Vaid ühel juhul ei

rääkinud ta minuga umbes nädala kestel.¹ Ants Lauter oli üllatavalt asjalik ja realistlik tellija. Ta jättis meile parima mulje.

Ehitudes peab valitsema kord ja ülesannete selge jaotus ning ma ei taha hoopiski propageerida seesugust partisanlikku tööstiili. Kuid tookord oli eriolukord ja see stiil võimaldas kiiremini eesmärgile jõuda.

Kuna meie üle suuremat kontrolli ei olnud, siis sageli otsustasime ise Kotliga, kuidas talitada. Paljudel juhtudel ka printsiipiaalsetes küsimustes, kus tänapäeval oleks mõni komisjon ellu kutsutud. Seepärast oli mul paljudel juhtudel ka konstruktsioonide küsimustes Kotlist suur abi, kes oma reaalse mõtlemise ja suurepärase vaistuga aitas meie otsuseid olulisel määral kujundada.²

Meie otsuste õigsust on tänapäeval raske hinnata. Tuleb arvestada, et meie kraanamajandus oli nõrgavõitu, monteeritavatest konstruktsioonidest polnud keegi veel midagi kuulnud, samuti pingbetoonist ega raudbetoonvaiadest. Tehniliselt elasime veel n-ö. sõjaeelises ajajärgus, aga võrdlemisi hästi.

Ma olin alates 1931. aastast tegelnud igasuguste ehitusprobleemidega, kuid tundsin end siiski vahel mitteküllaldaselt ettevalmistatuna niisuguseks suureks ülesandeks. Kuid me kumbki Kotliga ei püüdnud teineteisele ette mängida eriti tarka ja konsulteerisime häbenemata vanade vilunud töölistega. Naersime ja arvasime, et meie reputatsioon sellest palju ei kannatanud.

Ehitusorganisatsioonipoolne töödejuhataja oli siis Aleksei Reimets (1906–1981), väga energiline, asjalik ja tubli insener. Hiljem võtsime Kotliga ka tema oma nõupidamistele ja moodustasime seega omapärase triumviraadi. Töödejuhataja töö oli siis väga raske. Lisaks Paabeli segadusele keeltes tehti tööd kümnetes kohtades: lõhkumised, müüritööd, raketistööd, betoonitööd, prahi väljavedu, viimistlustööd, puusepatööd jne., kusjuures ohutustehnika nõuetest polnud võimalik valjult kinni pidada. Siiski suuremaid õnnetusi ei juhtunud, sest meie kasutada olevad töölisid olid suurte kogemustega.

Keskseteks probleemideks olid meile vundeerimine ja tulest vigastatud raudbetoon.

¹ Ta tuli kord meie juurde – mul oli laual parajasti lõpetatud raudbetooni joonis. Olles erakordselt lühinägelik, uuris ta mu joonist peaaegu nina vastu seda ja hüüatas: “Siin on ju iga raud välja joonistatud! Mis siis ehitajale üle jääb teha?” Ma ütlesin, et näitleja on umbes samas olukorras: dramaturg kirjutab talle ju iga sõna ette. Selle üle ta pahandas.

² Sageli kutsusime tehnikaülikooli professori akad. Ottomar Maddisoni konsultandina kohale. Kuigi ta oli suur spetsialist teraskonstruktsioonide alal, oli siiski veteran meile mitmel korral tähtsaks (vähemalt psühholoogiliseks) toeks ka raudbetoonkonstruktsioonide probleemide lahendamisel.

Kogu "Estonia" kompleks asub võrdlemisi homogeensel, nn. mölli kihil, mis on üldiselt nõrgake, väga peen liiv, kuid siiski mitte kõige halvem pinnas. Arvatavasti asetsesid "Estonia" kohal ka vanad vallikraavid (bastionide ajastust), kuid need olid suhteliselt madalad ja seega polnud neil suuremat mõju "Estonia" vundeerimisele. Meid tegid ettevaatlikumaks kuuldused mingist seinavaringust teatri ehitamise ajal (1912. a.), mis võis olla põhjustatud üksnes vundeerimisveast.³

Korraldasime pinnase proovikoormamise stambi abil.⁴ Sellest võis ligilähedaselt tuletada oodatavaid hoone vajumeid. Uuel korpusel, mis jooksis kogu hoone pikuses, olid eriti rasked plokid kontserdisaali ja teatrilava otstes. Kuna tollal raudbetoonvau polnud võimalik kasutada, tuli uus korpus eraldada vanast lihtsalt vajumisvuugiga ja oodata mõne aasta jooksul uue korpusel vajumise kulgu vana suhtes (12–15 cm). Tegime vastavalt triumviraadi otsusele "ehitus-eeltõusu" 12 cm. Võib kujutleda, kuidas inimesed, astudes uues osas asetsevast trepikojast vanasse ossa, komistasid ootamatul "astmel" ja kirusid ehitajaid nende "praagi" pärast. Nüüd on need "astmed" muidugi kadunud.

2. keskkooli poolse otsaseina naabrusesse tuli uus ehitusplokk, külglava ja katlamaja, kusjuures viimase põrand oli projekteeritud ligi 2 m sügavamale kui vana otsaseina vundament. Siia tuli vastavalt triumviraadi otsusele vana sein ja terve vundament täiendavalt alla ehitada rohkem kui 2 m sügavusel, kusjuures müüri-alune pinnas, suure raskuse poolt peaaegu liivakiviks kokku surutud möll, tuli eemaldada. Uuel rajamissügavusel surus müür tema all olevad pinnasekihid kokku, mistõttu tekkis müüri lisavajum 10–15 cm ulatuses. Sellega kaasnesid uues külglava ja katlamaja seinas ähvardavad diagonaalsed praod, mis avanesid kuni 10 cm. Tekkinud praod täideti tsementmördiga ja nüüd pole nendest jälgegi. Huvitaval kombel ei mäleta mainitud pragusid keegi, neid meenutab üksnes M. Bormeistri õilmaal, kus toleaegne "Estonia" teater on kujutatud seinapeamise diagonaalpraoga. Olgu märgitud, et neile taastamistöodel palju muret valmistanud otsasein oli toosama, mis 1912. aastal avarii põhjustas.

Vundeerimisel oli ka mitmeid teistsuguseid probleeme ja isegi üllatusi. Nii näiteks avastasime tüki vana linnamüüri vundamenti, mis "Estonia" keskjoonelt suundus

³ Alles 1981. a. informeeris mind sellest avariist üksikasjalikult haridustegelane Henne Ollik-Parve (sünd. 1897), kelle isa Jaan Jaani p. Ollik (1872–1926) oli ehitusmeister ja töödejuhataja "Estonia" ehitusplatsil algusest kuni lõpuni. Nimelt varises 2. keskkooli poolne sein, sest see oli sattunud kunagise linna kollektori (või kraavi) peale. Maruvihane Eestimaa kuberner I. Korostovets sõitis kohale, sakutas süütut J. Ollikut kuuesiilust, tarvitates ebatsensuurseid väljendeid. Kuid kubernerist tuleb ka aru saada, sest kaks müürseppa olid hukkunud.

⁴ H. Laul. Märkmeid Tallinna uue südalinna pinnase kohta. Tead.-tehn. kogumik. 1948, nr. 9.

Karja tänava suunas, mis see siis oli? Vana linnamüüri külg oli meil sealsamas silma ees ja isegi Karja värava eelvärav ei võinud ulatuda kuni "Estonia" uue välisseinani. Meie järelepärimistele polnud keegi võimeline seletusi andma.⁵ Kui poleks seda õigeaegselt avastatud ja vastavad abinõud tarvitusele võetud, siis oleks "Estonia" juurdeehituskorpus võinud keskelt lõhki vajuda.

Raudbetoonkonstruktsioonidega oli meil palju peamurdmist, sest esines selliseid, mis olid kas kahjutulest rikutud, uue projektiga sobimatult või juba 1910. aastal vigaselt projekteeritud. (Teatud osa leitud vigadest oli põhjustatud raudbetooni teooria mitteküllaldasest arengust.)

Raudbetooni ühe komponendi – terase, kohta oli võrdlemisi lihtne otsust teha. Tõllal kasutati raudbetoonis lihtsamat terase varianti (ligikaudu meie klass A-I) ja polnud oodata, et tulekahju temperatuur oleks mõjunud liialt kahjustavalt. Betooni suhtes olid vajalikud aga hoopis tõsisemad kaalutlused, sest betoon teatavasti võib tulekahjus minetada olulise osa oma tugevusest. Meil oli võimalik piiratud arv katusekuubikuid välja raiuda, mis aga hoopiski ei võimaldanud mingisuguseid statistilisi kaalutlusi. Saime siiski mõninga tõenäosusega tuvastada, et tulest puutumata betoonil on küllaldaselt tugevust ja et tulest läbikäinud betooni tugevus oli 20-50 protsenti väiksem kui tulest puutumatul (mitte päris kindel väide).

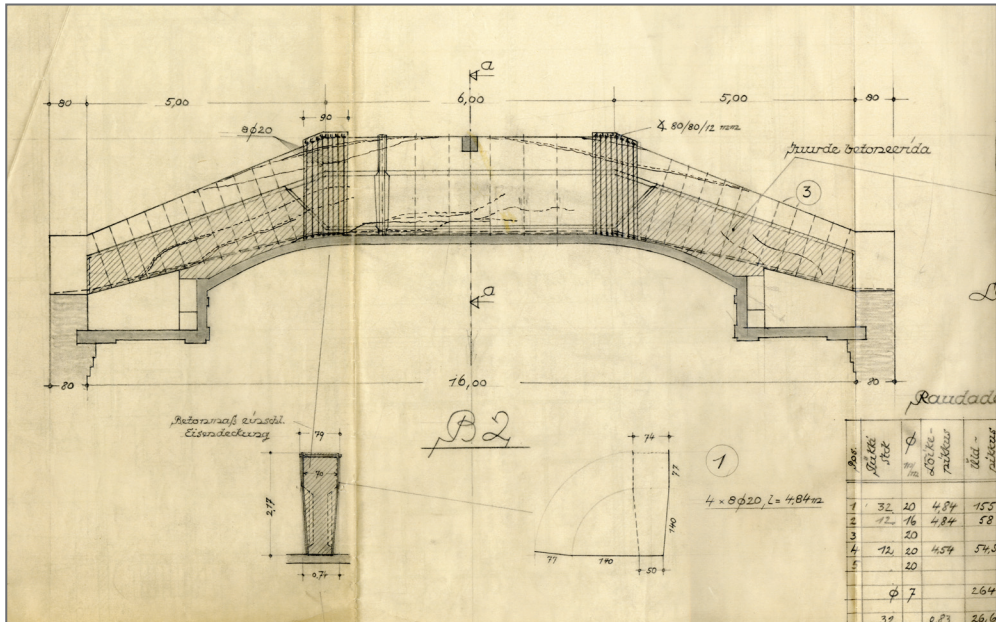
Kui võtta arvesse, et 1947. a. kehtinud raudbetooni normides osutusid nõudmised betooni survetugevuse kohta märgatavalt pehmemaks kui 1910. a. Euroopas kasutatud normides, siis otsustas triumviraat: kui tulest läbikäinud raudbetoonkonstruktsioonid ei näita suuri ohtlikke pragusid või 1910. a. projekteerimisvigu, siis on võimalik neid edaspidi kasutada mõistliku riski piires.⁶

Seega tuli meil uurida kõiki "Estonia" raudbetoonkonstruktsioone, skitseerida kõiki pragusid, teha kontrollarvutusi jne. Leidsime lisaks tulekahjustustele ka mitmeid vigu 1910. a. projektis. Näiteks kontserdisaali raudbetoonlae ribides puudusid rangid. Seetõttu kerkis isegi lae lammutamise küsimus, kuid Kotli hakkas kartma ruumi akustika pärast ja toetudes ka prof. O. Maddisonile, otsustati siiski lagi remontida ja taastada kõik, ka sisevormistus nii, nagu enne tulekahju. Väga tülikas ja kulukas töö, mil ei kõrvaldatud mitte üksnes tulekahju vigastusi, vaid ka projekti puudujääke.

Eriti tahaksin peatuda teatrisaali lae juures. Teatrisaali umbes 200 t kaaluvat lage kannavad neli gigantset tala (kõrgus kuni 2,5 m), kaks nendest sirged ja kaks

⁵ Arh. Rein Zobel informeeris mind 1984. a.: meie avastatud vundament kuulus nn. poolbastioni tipule (Pommeri-Sfrömbergi reduutide vahel), ehitatud võrdlemisi hilja (umbes 1770. aastal).

⁶ Kogu ehitustegevus (ja ka kogu loodus) põhineb mõistlikul riskil või, ümberpöörduvalt, mõistlikul varul. Absoluutne riski puudumine on majanduslikult talumatu ja mõttetu.



"Estonia" teatri taastamisprojekti konstruktiivne osa. Teatrisaali lae parandamisskeem. Allikas: Eesti Riigiarhiiv

kõveraks murtud, et võimaldada butafoorse kupli ehitamist (nüüd laemaaliga). Nähtavasti juba 1912. a. olid projekteerijad tajunud ohtu seoses murtud taladega ja andnud korralduse need talad varustada võimsate välisrangidega (arvatavasti talade murdekohtades). Kuid ma märkasin oma suureks üllatuseks, et rangid olid pandud üksnes sirgetele taladele, kus neid hoopiski vaja polnud. Sellega seoses, mingi saatusliku arusaamatuse tõttu, osutus lagi raskes avariolukorras olevaks algusest peale. Kui ma sellest triumviraadis ette kandsin, muutusid näod väga tõsiseks. Mul oli võimalik esitada samaaegselt lae remondi projekt, mille elluviimine nõudis siiski veidi suuremat riski kui mõistlik. Nüüd, kus oht on kõrvaldatud, on veider mõelda, et see Damoklese mõök oleks ka praegu olnud ähvardavalt meie peade kohal, kui poleks aset leidnud tulekahju.

"Estonia" kompleksi taastamisel tekkis hulgaliselt ka teisi küllaltki keerukaid konstruktsioonilaseid probleeme.

Nii näiteks oleks 20 tonni kaaluv ja 15 m kõrgusel rippuv tulekindel eesriie trosside katkemisel põhjustanud suuri purustusi all orkestriruumis. (Jälle üks halb pärand 1910. a. projektist.) Õnneks leidsime liitlasi muusikute seast, kes orkestriruumi akustika huvides nõudsid selle nihutamist lava alt saali poole, tuues ohvriks seal-

juures 1–2 rida pealtvaatajate istekohti. Nüüd satub tulekindla eesriide tasapind orkestriruumi tagaseina kohale ja seega on oht kõrvaldatud.

Lavaava laiuse üle käis meil Kotliga äge lahing. Kotli koos teatrirahvaga tahtis lavaava võimalikult suurendada, kuid mina, lähtudes lavaava kattetala kandevõimest, võitlesin raevukalt selle vastu. Selle vaidluse käigus leidis Kotli, et enamikus maailma teatrites on lavaava laius meetrites niisama suur kui pealtvaatajate arv sadades. Seega oleks piisanud "Estonia" teatris 10-meetrisest lavaava laiusest. Meil õnnestus siiski kokku leppida ja lavaava endisega võrreldes suurendada ühe meetri võrra mõistliku riski piires. Suur saavutus!

Nii kontserdisaali kui ka teatrisaali rasked kivikatused toetati spetsiaalsetele puitfermidele ja vabastati seega laed katuste koormusest, sest laed, vaatamata hoolikale remondile, töötasid siiski mõistliku riski tingimustes. Et meie andmetel endised katused toetusid lagedele, siis eriti kontserdisaali puhul lootis Kotli, et see konstruktsiooni muudatus ei halvenda kontserdisaali head akustikat olulisel määral.

Teatrisaali sisevormistamisel tundis Kotli ennast vabamana, sest teatrisaali akustika oli niigi hinnatud kolm miinusega. Kuid ka siin näitas Kotli oma visiooni.

Võrdlemisi väiksemat rolli mängisid "Estonia" taastamistöodel teraskonstruktsioonid. Siiski, lavakasti katuse raskelt koormatud terasfermid valmistati hoovil ja monteeriti elementaarsete vahenditega, samuti lavakasti nõörpööningud, galeriid, suitsuklapid jne.

Tuleb lõpuks märkida, et ehituskonstruktsioonid on siiski vaid ehitise (eriti sellise kunstitempli nagu "Estonia" puhul) skelett, millele arhitekt peab veel hinge sisse puhuma. "Estonia" teater projekteeriti 1909. a. juugend- (või modern-) stiilis ja kannab olulisel määral oma ajastu sugemeid vastavalt soome arhitekti Armas Lindgreni (1874–1929) ideedele. Kuid "Estonia" taastamisperioodil võeti juugendit kogu Euroopas mõninga ninakrimpsutusega. Kuigi arhitekt Kotli suhtus pieteeditundega arhitekt Lindgreni pärandisse, pidi ta siiski minema paljudele kompromissidele. Nüüd on juugendstiil ärganud jälle ellu nagu Okasroosike ja Kotliil oluks palju kergem "Estoniat" taastada.

Kuna olen arhitektuuriküsimustes profaan, siis on see suur probleemidering jäänud mõneti tagaplaanile ja sellega seoses näib võib-olla lugejale ehitusinseneri osatähtsus ebaõiglaselt ülespuhutuna. Kuid ma olen selles veendunud, et siin on siiski kirjeldatud arhitekt Alar Kotli argipäevast ja tegevusest suurem osa, kus ta ilmselt tundis ennast hästi. Ta võttis kõigist siin esitatud probleemidest osa täie arusaamisega ja otsustusvõimega. Muidugi käisid tal külas ka muusad. Mul on teadmata, milline üheksast muusast tegeleb arhitektuuriga.

Varem ilmunud: Arhitekt Alar Kotlist ja "Estonia" taastamisest // Sirp ja Vasar (1984) 24. aug.: fot.



Heinrich Laulule teater Estonia taastamise eest antud Eesti NSV Ülemnõukogu Presiidiumi aukiri. Allikas: Heinrich Laulu arhiiv

Insener ja tööline

“Estonia” teatrimaja põles teatavasti maha 9. märtsil 1944. aastal Tallinna pommitamisel. Taastamistööd algasid kohe pärast Tallinna vabastamist saksa vägedest.

Vähem kui kahe aastaga taastati kontserdisaal ja vähem kui kolme aastaga teatri-saal. Tööde tempo ja ehitustööde kvaliteet oli kõrge.

“Estonia” taastamistööl sai alates 1945. aasta kevadest minu lähemaks kaastööliseks saksa sõjavangide brigadir, kellelt, pean tunnistama, õppisin palju praktilisi võtteid ehitustegevuses. Ta oli minust veidi vanem, kandis kulunud pruuni mundrit ja puukottasid, oli ligikaudu minu kasvu, kuid tema nägu ja nimi on mu mälust kadunud. Nimetaksin teda tingimisi Fritzuks. Meie koostöö kestis peaaegu kolm aastat ja meie suhted kujunesid nagu ikka inimsuhted ühises tegevuses.

Fritz oli fantastiline ehituspraktik. Ta oli fenomenaalne müürsepp, puusepp, armeerija, raketiste puusepp, betoneerija, torulukksepp, keevitaja jne. Kuid kõige imetlusväärsem oli tema pea, mis talus kõiki kõrgusi ka siis, kui ta jalad toetusid kõikuvale alusele. Ta oli täpne, kiire ja taiplik. Ta ütles, et nii palju kui teab, on kõik tema esivanemad olnud ehitajad. Perekondlik traditsioon, mis meil nüüd kahjuks kadunud!

Ta oli hommikust õhtuni suure usinusega ametis ega püüdnud sugugi sõjavangi kombel päeva õhtule “vedada”. Ilmselt oli ta harjunud nii elama ja töötama.

Järgnevalt mõned episoodid meie kestvast koostööst.

Arhitekt A. Kotli oli ette näinud teatrilava sügavuse suurendamise. Sellega koos tuli lava tagaseina murda auk laiusega ligikaudu 18 m ja katta see ava raskelt koor-matud raudbetoontalaga. Kuna ehitusplatsil ei juhtunud olema ümarterast arma-tuuriks, siis otsustasin komplekteerida maas valtsitud profiilidest terassõrestiku (fermi), selle üles tõsta ja sisse betoneerida (fermi keevitas Fritz). Nii et raudbetoon-tala jäiga armatuuriga! Kuid ei meie ehitusel ega ka mujal olnud sel ajal kraanat, millega umbes 4-tonnist fermi üles tõsta. Seepärast panime müüri servale võimsa, 5–6 m kõrge puupalgi. Palgi ülemise otsa kinnitasime 4 terastrossiga: kaks neist

lavakasti teatrisaalipoolsetesse nurkadesse, kolmanda turuhoone nurga külge (Tallinna peaturg asus siis "Estonia" taga) ja neljanda Draamateatri nurga külge. Pean tunnistama, et kõik trosside kinnitus- ja pingestusdetailid lahendas Fritz. Tõstmise käigus osutus vajalikuks fermi pöörata plaanis 180° selleks, et ta satuks müürile õigesti kohta sissepoole palki. Tõstmisel kasutasime palgi otsa kinnitatud 5-tonnist polüspasti. Alguses läks kõik libedasti. Kui aga hakkasime fermi plaanis pöörama, siis selgus, et ta ei mahtunud Draamateatri külge kinnitatud trossi alt läbi. Ferm oli tõstetud juba õigele kõrgusele, kuid tema üks ots oli kinni 7–8 m eemal välisseinast ja 20–25 m kõrgusel hoovi asfaltbetoonpinnast. Nüüd ajas Fritz sineli seljast ja läks oma puukottadega mööda fermi alumist vööd peaaegu 10 meetrit kuni fermi otsani. Seejärel ronis ta kõikuva fermi otsaposti mööda 3 meetrit ülespoole. Järgmisel hetkel istus ta kaksiratsi fermi ülemisel vööl ning kangutas takistava trossi üle fermi nurga. Ma seisin palgi kõrval müüriserval, millegipärast käed püksitas-kutes, ja tundsin kuidas mul selg märjaks läks. Mina poleks iialgi sarnase asjaga hakkama saanud. Siis vaatasin alla turu poole. Turg sooritas oma tavalisi toimetusi, keegi ei vaadanud üles ja keegi ei märganud seda töökangelastegu, mille sooritas Fritz nende peade kohal.

Ferm betoneeriti hiigeltalaks, mis aga kunagi kasutamist ei leidnud, sest arhitekt A. Kotli loobus lavasügavuse suurendamisest. Käesolevaga tahan ma siiski meenutada, et see võimalus on ka praegu olemas. See võimas tala on peidetud krohvikihiga alla ja tema asukoha kindlakstegemine nõuab mõningat uurimist.

Järgnevalt tegime all valmis ja tõstsime samuti elementaarsete vahenditega üles (ilma plaanis pöördeta) rasked lavakasti terasfermid (igaüks massiga ligikaudu 5 tonni; keevitas kokku jälle Fritz).

Ja nüüd ootas meid väga ebamugav töö: lavakasti tulekindlad trepikojad – muidugi raudbetoonist.¹ Kuid siis tekkis mul idee teha need monteeritavatena (taribetoonist). Fritz tegi teatri asfaltbetooniga kaetud õuel valmis trepikoja seinaplaatide elemendid ja trepimarsid ning tõstis nad lavakasti katusefermide abil üles vajalikule kõrgusele. Keevitas plaatidest väljaulatuvad armatuuri otsad kohapeal nurkades kokku ja betoneeris nad siis sisse. Paigaldas trepimarsid, trepikodade laed, tegi ankurduse lavakasti seina külge, ja tulekindlad trepikojad olid valmis. Fritz oli vaimustatud ja ütles, et ta pole midagi taolist Saksamaal näinud. Ma ütlesin selle peale, et midagi taolist poleks tal olnud võimalik näha kogu maailmas.² Kiitsin

¹ Ülemaailmne statistika räägib, et keskel läbi iga 30–40 aasta järel esineb lavakastides hävitavaid tulekahjusid.

² Siin ma eksisin. Palju aastaid hiljem lugesin ühest rumeeniakeelsest raudbetoonikäsiraamatust, et Constanta linna (Rumeenias) sadamas ehitati taribetoonist viljasilo juba 1906. a.



Estonia teatri Pärnu mnt poolne külg pärast rekonstrueerimist. Allikas: Eesti Arhitektuurimuseum

Fritzu tehtud töö eest, mille üle tal oli ilmselt hea meel. Siis jäi ta veidi mõttesse ja ütles, et mina ju olevat kogu selle asja välja mõelnud. Vastasin, et mis tähtsust on väljamõtlemisel? Tähtis on valmis tegemine.

Kuid ühel päeval tabas mind üllatus: Fritz küsis mu käest, kas ma saan talle tuua mõne tugevusõpetuse (die Festigkeitslehre) õpiku. Tõin talle kodunt ühe küllalt elementaarse saksakeelse õpiku. Nädala pärast ajas ta jälle sellel teemal juttu, kurtes, et ei saa absoluutselt midagi aru. Pakkusin talle oma abi – saime igal tööpäeval lõunavahe-tunnikese pühendada tugevusõpetusele. Pean siin märkima, et Fritz leidis minus hea õpetaja: rääkisin siis saksa keelt nagu eesti keelt ja olin olnud enne sõda peaaegu viis aastat professor O. Maddisoni assistent peamiselt tugevusõpetuse alal. Kuid siin tabas mind teine, veelgi suurem üllatus: me ei tulnud kuidagi toime. Ma ei räägi sellest, et matemaatikas oli ta nõrgakene ja staatikast polnud tal aimugi. Kuid temal, kel oli suurepärase konkreetne mõtlemine ja praktiline taip, puudus täielikult abstraktne mõtlemine. Kui ma lihtlas paimdemomendi ja põikjõu mõisteid püüdsin talle selgeks teha, siis ütles ta, et tala ei tea ju nendest midagi.

Vastasin pooleldi tema juttu karikeerides, et tala puruneb, kukub alla ja võib seejuures tappa kümneid inimesi, ilma et tal sellest aimugi oleks. Me töötasime nii (ja vahel ka teisiti) 3–4 kuud ilma oluliste tulemusteta.

Jõudsin järjekordselt otsusele, et inimesed on siiski väga erinevad. Kuid nii see nähtavasti peabki olema!

Ühel hommikul ta ei ilmunud – läks kodumaale, Saksamaale tagasi. Fritzu jaoks oli Teine maailmasõda lõppenud, kuid ma kujutlen, et ta osutus väga vajalikuks meheks Saksamaa purustatud linnade taastamisel.

Meie lahusime niisiis ilma kätt andmata ja head tervist soovimata. Nüüd ta peaks olema üle 80 aasta vana. Võimalik, et ta on ümber asunud Valhallasse valküüride hoole alla. Sinna ta kuulub kahtlemata (vaatamata sellele, et ta ei tulnud toime tugevusõpetusega), sest sattudes ajaloo hammaste vahele säilitas ta oma ident-suse ja jäi tubliks ehitustööliseks.

Siin esitatu on kirjutatud üksnes mälule toetudes. Seepärast võib siin-seal esineda ka väiksemaid vigu.

Varem ilmunud: Insener ja tööline // Meenutusi meie ehitustegevusest ja muustki. Tallinn, 1990, lk. 93–96.

Tallinna laululavast ja arhitekt Alar Kotlist

Tallinna laululava on erakordne ja ainulaadne ehitis kogu maailmas, nii mõtte uudsuselt kui ka ehitustehniliselt. Nüüd, mil selle saamisloo põhilistest sündmustest on möödunud 25 aastat, on kohane meenutada laululava autorit arhitekt Alar Kotlit, aga ka mõningaid probleeme laululava projekteerimisel ja teostamisel.

Alar Kotliga oli mul pidev töökontakt alates 1945. aasta aprillist "Estonia" teatri ja kontserdisaali taastamisel. Seejuures õppisin teda tundma kui võimekat isiksust – andekat, töökas, kes alati oli heas tujus ja sõbralik. Koostöö-aastad temaga olid minu elu viljakamad ja huvitavamad. Ta valdas peensusteni arhitektuurseid pisdetaile (nn. arhitektuurseid konstruktsioone), nii et ma nimetasin teda "väike-detailide suurmeistriks". Tal oli erakordselt hea vaist ka suuremate, nn. insenerikonstruktsioonide suhtes, aga ma ei märganud kunagi, et ta oleks püüdnud viimaseid arvutada. Ta ütles vahel pooleldi naljatades, et minu kalduvus kõiki konstruktsioone arvutada on puujalg hea loomuliku vaistu asemel.

Ühel päeval (vist 1957. a.) ilmus Alar Kotli, häbelik naeratus näol, minu juurde tehnikaülikooli, kaenla all mingi pakk. Sealt harutas ta välja 30–40 cm pikkuse papist, paberist ja niitidest tehtud laululava mudeli. Ta seletas, et oli saanud Tallinna uue laululava projekti konkursil esimese auhinna ja nüüd on Ministrite Nõukogu otsustanud ehitada laululava tema projekti järgi. Ta küsis minult, et kas see asi on üldse tehniliselt teostatav. Vastasin, et ma ei tea. Selleks ajaks oli rippkatuseid kasutatud maailmas siin ja seal juba paljude aastate jooksul, kuid need kõik olid kogu perimeetri ulatuses varustatud raskete raudbetoonist äärelülitmetega, mis omakorda toetusid seintele või postidele. Ja nüüd järsku – üks rippkatuse pikiserv, nn. esikaar avaga peaaegu 80 m, ripub vabalt õhus, ja vaata, et vajab õieti ise tuge. Ma võtsin siiski mõne nädala mõtlemisaega. Kuid juba siis mõistsin, et siin on tegemist Alar Kotli erakordse vaistu näitega, kui mitte tarvitada müstilist väljendit – tema visiooniga.



Tallinna Laululava pärast valmimist 1960. Allikas: Heinrich Laulu arhiiv

Pikema järelemõtlemise ja ligikaudsete arvutuste järel jõudsin otsusele, et kogu konstruktsiooni hingeks on see esikaar ja tema käitumine. Oma kooldumispinnas omab ta mõningat jäikust, kuid selle pinnaga risti peaaegu mitte mingisugust. Ma kujutlesin esikaare töötamisviisi järgmiselt: kui katuse, resp. akustilise ekraani pind allutada tuule või lume koormusele, siis püüavad kandetrossides (asetsevad esikaarega risti) tekkivad sisejõud esikaart kogu tema kooldumispinnaga tahapoole (s.o. Lauluväljakust eemale) pöörata. Seejuures nimetatud trosside avad vähenevad, nende läbiripped suurenevad ja sisejõud vähenevad. Esikaare oma kaalul avaneb siis võimalus pöörata esikaart tagasi Lauluväljaku poole. Seejuures hoitakse kaare peale mõjuvate jõudude resultant automaatselt kaare kooldumispinna läheduses. Tekib nn. isereguleeriv süsteem, mille käigus esikaare hari võib omada horisontaalseid paigutusi esikaarega risti mõnekümne sentimeetri ulatuses, ilma et esikaar kaotaks stabiilsust. Tuleb märkida, et negatiivse Gaussi kõverusega trosside võrk on juba ise ka isereguleeriv süsteem, seega on laululava topelt isereguleeriv. (Kallis lugeja! Ma kardan, et see kõik polnud sulle täiesti arusaadav. Sinu lohutuseks lisan, et see kõik pole ka mulle täiesti ja lõplikult selge, isegi praegu, 25 aastat hiljem.)

Selleks et kirjeldatud sümpaatne jõudude mäng oleks võimalik, pidi siiski esikaare kooldumispind olema pööratud Lauluväljaku poole umbes 30° võrra vertikaalist, nii nagu see oli, minu suureks üllatuseks, ette nähtud ka Kotli pappmudelil, kuigi tal polnud sel ajal veel vähimatki aimu siinkohal kirjeldatud isereguleerimisest.

Kirjeldatud isereguleerimiseks pidi esikaarel olema küllalt soliidne mass – ligikaudu 5 tonni jooksvale meetrile, isegi siis, kui katusekate valida võimalikult kerge.

Lähtudes neist kaalutlustest määrati laululava akustilise ekraani kandekonstruktsioonide põhilised parameetrid järgmiselt: esikaare ristlõige 1,8x1,2 m – raudbetoonist; kandetrossid 25 tükki (esikaarega risti, pealtvaadatuna nõgusad); jäigastustrossid 14 tükki (paralleelsed esikaarega, pealt vaadatuna kumerad). Muud mõõtmed: esikaare tõus, ava jne. valiti vastavalt Kotli papist mudelile. Katuse, s.o. akustilise ekraani pind on lähedane hüparile.

Niisiis, mõne aja möödudes võisin Kotlile teatada, et laululava on teostatav, kui ta nõustub kahe tingimusega:

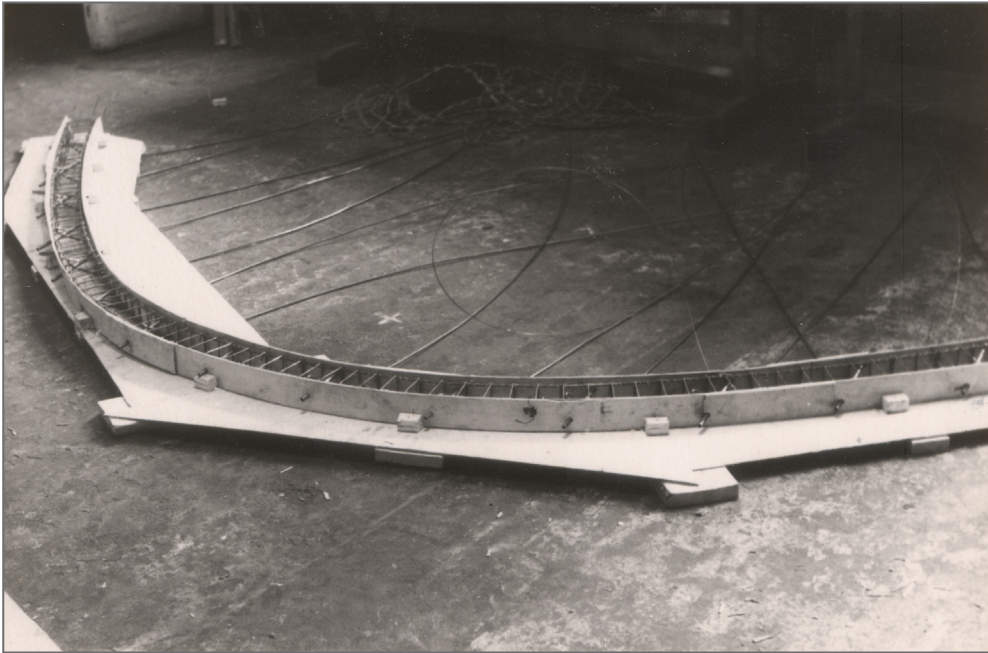
- 1) akustiline ekraan trossidel tuleb teha puidust (kaal!!!);
- 2) esikaare mass peab olema umbes 5 tonni jooksvale meetrile, s.o. esikaare kogu mass peaaegu 400 tonni!

Esimene tingimus polnud Kotlile eriti meeltemööda. Kuid kui ma väitsin, et lõppude lõpuks on laululava ka üks muusikariist ja kes on kuulnud, et viiul tehakse raudbetoonist, ta nõustus. Hiljem väitis ta, et muusikaringkondades oli see mõneti sentimentaalne interpretatsioon hästi vastu võetud.

Ehituskonstruktsioonide kateeder otsustas siiski kõiki neid seni saadud tulemusi ja mõttekäike kontrollida täpsel mudelil. Selleks ajaks oli kateedris katsetatud hulgaliselt raudbetoon-, metall- ja puitmudeleid õhukeseseinaliste konstruktsioonide uurimiste käigus. Meil olid sel alal kõrgelt kvalifitseeritud spetsialistid (dots. Allan Sumbak, õppemeister Evald Kalda jt.). Mudel teostati originaalile ettenähtud materjalidest mõõdus 1:25, seega ligikaudu 3 m pikk; kaks raudbetoonkaart, nende vahele oli pingestatud kõrgemargiliste terastraatide võrk. Eriline täiendav koormus oli ette nähtud piki esikaart selle omakaalu imiteerimiseks, mis Kotli pappmudelil muidugi puudus. Mudeli katsetamine näitas meie mõttekäikude korrektsust, seega oli loodud soliidne alus laululava projekteerimiseks.

Siin tuleb märkida, et laululava andis ehituskonstruktsioonide kateedri tõe rippkonstruktsioonide uurimiseks. Kuid vaatamata sellele, pole me kuni tänaseni veel võimalised täiesti korrektselt lahendama seesugust ülesannet nagu laululava – geomeetiline mittelineaarsus on liiga tugev.

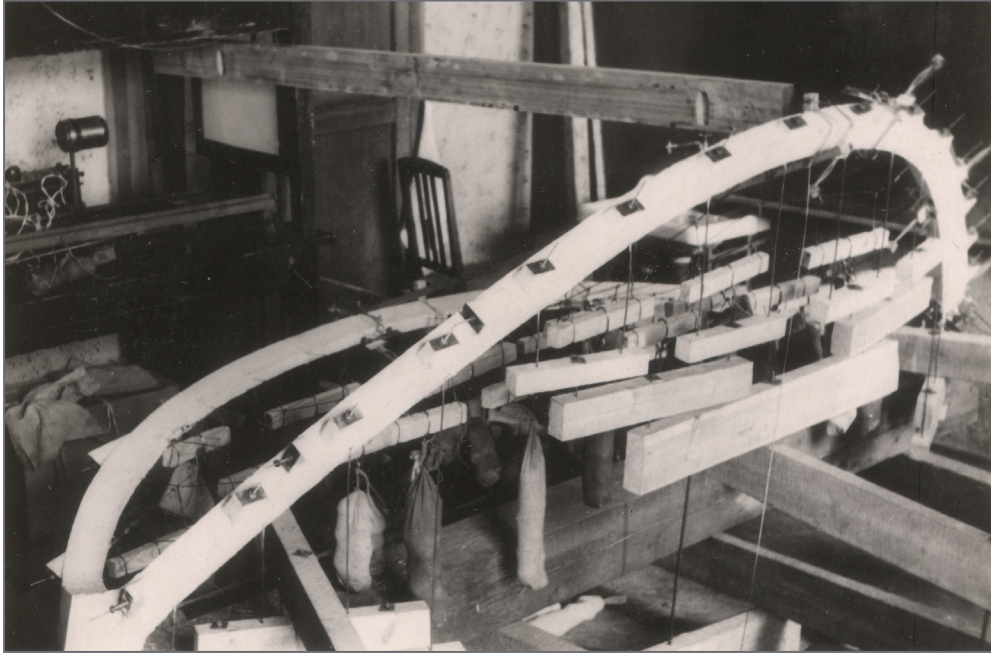
Meie mudelit ei saa õieti nimetada mudeliks sõna tavalises mõttes, sest mudel valmistatakse ikka mingisuguse objekti järgi, mis ühes või teises variandis olemas.



Tallinna laululava kõlaekraani mudeli valmistamine 1958 või 1959. Kaar on valmis betoneerimiseks. Allikas: TTÜ ehitusteaduskonna ehitiste projekteerimise instituudi arhiiv

Kuid laululava-sarnast polnud kusagil. Seega tähendas meie mudeli valmistamine samaaegselt laululava projekteerimist, selle põhiliste parameetrite keerukat määramist. Meie mudel oli, kui väljendada mõninga liialdusega, laululava prototüüp. Tuleb veel märkida, et seda mudelit kasutas hiljem akustika eriteadlane prof. H. Oruvee oma katsetel, kus ta tegi kindlaks, et laululava akustika peaks kujunema kõigiti soodsaks. Seega akustilistest kaalutlustest lähtudes ei vajanud laululava akustiline ekraan vähimatki korrektsiooni.

Esimestel kõnelustel A. Kotliga laululava üle küsisin, kas tal on ka mingit kujutlust oodatava akustika kohta. Ta vastas pooleldi huumoriga, et laululaval on siiski teatud analoogia vanade grammofonide hääletoruga, või õigemini ühe lõiguga sellest. Seega tulen ma veel kord tagasi nägemuse juurde. Oma esialgsel pappmudelil oli A. Kotli jõudnud küllalt lähedale optimaalsele lahendusele konstruktsiooni staatika seisukohalt. Ja nüüd samaaegselt osutus laululava ka akustiliselt ideaalseks lahenduseks, ilma et A. Kotli oleks püüdnudki akustikale tõsiselt mõelda.



Tallinna laululava kõlaekraani mudeli katsetamine 1958 või 1959. Allikas: Heinrich Laulu arhiiv

Ma tundsin kogu aeg tema vaistu üleolekut minu matemaatilistest kaalutlustest, kuid siiski kuidagi nii, et see ei kutsunud minus esile resignatsiooni.

Pärast seda, kui me andsime oma kaalutlused ja mudeli katseandmed üle "Eesti Projektile", tuli meie tegevuses ligikaudu aastane vaheaeg. "Eesti Projektis" tehti sel ajal projekti vormistamisel ja detailide väljatöötamisel suurt tööd, kus silma paistis projekti peakonstruktor Endel Paalman. Seejuures jäid meie soovitatud laululava põhilised parameetrid kehtima, kuigi esikaar oli uues variandis varustatud teras-
toruga. Siin on kohane märkida, et see ei tähendanud olulist muudatust võrreldes esialgse variandiga, sest esikaar oli endiselt raudbetoonist (peidetud nüüd teras-
toru sisse) ja samuti massiga 5 t jooksvale meetrile. Et esikaare suurema ristlõike puhul (terasoru läbimõõt 200 cm) säilitada sama massi, on nüüd kogu esikaare pikkuses ristlõike keskel tühimik. Terasoru toodi Leningradist sektsioonidena, monteeriti tagakaarel ja keerati sealt lõplikku asendisse (esialgselt toetatuna kahe ajutise metallpostiga) Lauluväljakul asuvate vintside abil.

Kui meid uuesti kohale kutsuti, algas laululava akustilise ekraani monteerimine. Nüüd järgnes kõige keerulisem operatsioon, kus ehitajad vajasid ehituskonstruktioonide kateedri abi. Kateedri brigaad (H. Laul, J. Aare, V. Kulbach, A. Sumbak, E. Kalda jt.) viibisid peaaegu kaks kuud ehitustandril. Järgnes samaaegselt puitkatte ehitamine, esikaare betooniga täitmine ja trossidevõrgu ettepingestamine, nn. häälestamine. Trossidesüsteemi häälestamine oli väga keerukas operatsioon, eriti esikaare suure pehmuse tõttu. Meile oli algusest peale selge, et mingit trosside pingestamise järjekorra graafikut pole võimalik koostada. Trosside pingestamiseks polnud meil kasutada spetsiaalseid hüdraulilisi presse. Ehitajad olid optimistlikud ja lootsid, et 300 kN sisejõud trossides on võimalik saavutada 3 m pikkuste nutrivõtmetega. Kuid siis selgus, et see on võimatu. Olukorra päästis prof. J. Aare ettepanek kasutada tugikuullaagreid. Trosside sisejõudude mõõtmiseks loodi kateedris spetsiaalne transporditav mõõteriist (prof. J. Aare). Seega alustati trosside pingestamisel meelevaldsest kandetrossist ja jätkati kord-korralt kandetrossidega, kus sisejõud oli hetkel kõige väiksem. Seesugune iteratsiooniline protsess koondub tavaliste rippkatuste puhul küllaltki kiiresti, kuid laululava juures toimus häälestamine 1,5 kuud, mispuhul süüdlaseks osutus jälle esikaare liigne pehmus. (Häälestamise raskus viitab sellele, et täpne sisejõudude määramine on ka raske ülesanne. Võib arvata, et igasugused iteratsioonid ei taha hästi koonduda.)

Me ei saavutanudki kandetrosside projektis ettenähtud sisejõudusid (300 kN), sest viimastel etappidel pingestades kandetrossi ühes laululava otsas, vähenes mingi teise trossi sisejõud teises otsas peaaegu samavõrra. Siis lõpetasime kooskõlas projekti peakonstruktori E. Paalmanniga eelpingestuse, kui kõikides kandetrossides oli saavutatud sisejõud ligikaudu 200–230 kN. Paar aastat hiljem püüdsime kandetrosse uuesti pingestada enam rahulikes oludes, et saavutada projektis ettenähtud sisejõud, kuid edutult.

Esikaare torusse paigaldati betoon spetsiaalsete luukide kaudu, mis hiljem kinni keevitati. Meil oli vaja täpselt teada, kui palju betooni oli paigaldatud terastorusse igal ajamomendil. Need andmed pidime saama betoonisegisti brigaadilt. Kuid avastasime kohe, et nimetatud brigaad töötab juurdekirjutustega. Seega tuli meil sisse seada kahekordne raamatupidamine – üks ehitusorganisatsioonide riikliku plaani täitmiseks, teine esikaare terastoru täitmiseks.

Kogu selle keerulise protsessi vältel kasutati suurel hulgal mitmesuguseid mõõteriistu pingete, paigutuste, kaldenurkade jne. mõõtmiseks – alates takistustensoomeetritest kuni geodeesia täppisriistadeni.

Paar sõna tolle diskuteeritava terastoru kohta. Selle järele polnud õieti mingit vajadust. Meile öeldi, et nii kõrgele (34 m) on esikaare jaoks raketisi teha võimatu. See on naiivne põhjendus, sest hiljem tehti tellingud kogu katuse alla samal kõrgusel.

Terastoru tegi kogu ehitise märgatavalt kallimaks ja rikkus arhitektuuriilmet. A. Kotli oli õnnetu, ta ütles, et laululava on saanud nüüd liiga tehnilise välimuse. Ma lohutasin teda, et on isegi hästi läinud, oleks võinud ju nõuda, et esikaar tehtaks kullast. See terastoru võeti kasutusele ehitusorganisatsioonide nõudel, kes nähtavasti olid sunnitud sellise nõudmisega esinema konkreetsetes majandusoludes. Siin on, mida mõelda, kui räägime ökonomia tõhustamisest tänapäeval.

Peaaegu samaaegselt ehitati meie projektdokumentatsiooniga laululava ka Vilniusse (ainult ühekuise hilinemisega). Trosside häälestamise teostas ehituskonstruktsioonide kateedri brigaad (koosseisus J. Aare, V. Kulbach, A. Sumbak) ka Vilniuses. Võite kujutleda meie üllatust, kui saime teada, et Vilniuse seltsimehed said Üleliidulisel Rahvamajandussaaduste Näitusel oma laululava eest väikese kuldauraha. Siis ärgati ka meil ja me esinesime Moskvast vastava protestiga. Tulemuseks oli, et meie saime suure kuldauraha. Näib, et see vahe väikese ja suure kuldauraha vahel tuleb kanda idee, s.o. arhitekt A. Kotli arvele.

Tänavu augustis¹ möödub arhitekt A. Kotli sünnist 80 aastat. Ma loodan, et minu kirjutis tema kohta ei jää tänavu ainukeseks. Alar Kotli jättis meile suure, huvitava ning vaimuka pärandi.

Varem ilmunud: Tallinna laululavast ja arhitekt Alar Kotlist // Sirp ja Vasar (1984) 29. juuni: fot.

¹ Artikkel on kirjutatud 1984. a.

Taevased linnukesed lauluväljaku kohal

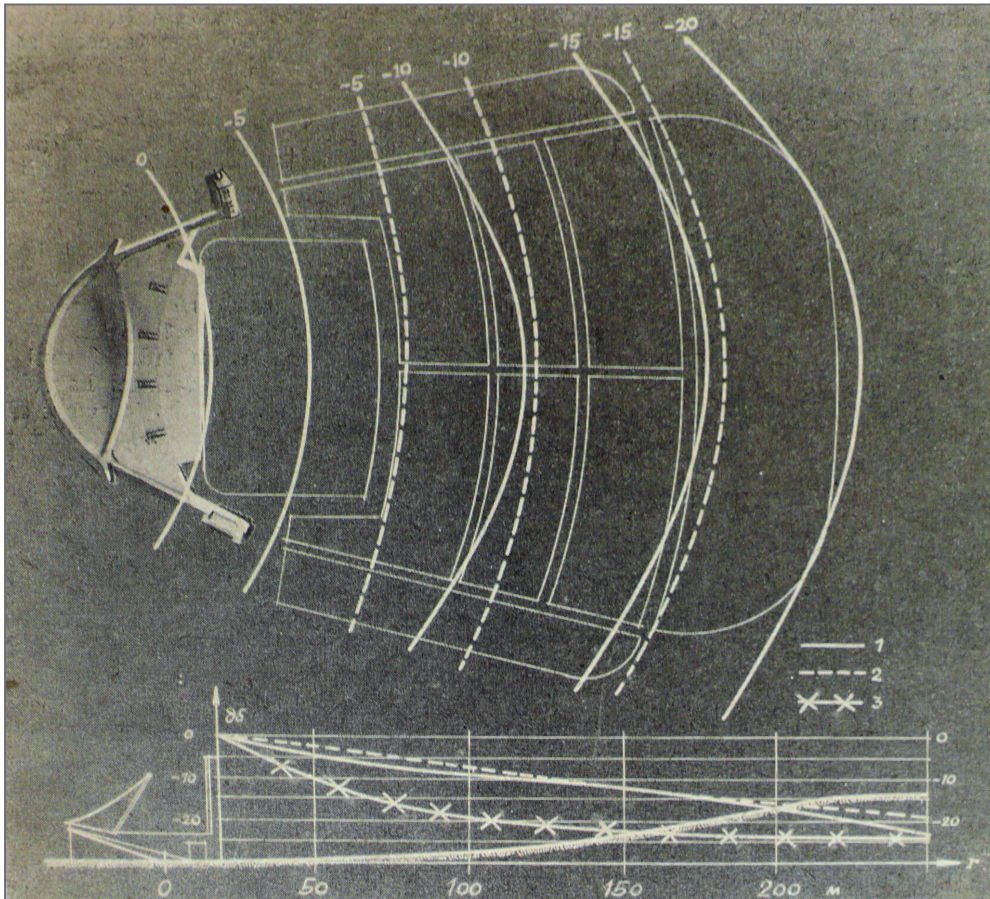
See juhtus 19. juulil 1960. a. Ma viibisin koos abikaasaga Lauluväljakul XV laulupeo avakontserdil. Uuel, vastvalminud Laululaval oli aset võtnud hiigelkoor – korraga üle 20 000 laulja! Istusime ligikaudu muruväljaku keskpunktis, et saada parimat muljet heliekraani toimest.

Kirjeldan kaht episoodi sellest Lauluväljaku küllastamisest – üks neist on tõsine, teine vähem.

Esiteks – umbes paarikümne kuni poolesaja meetri kõrgusel õhus tiirutas parv kajakaid, kes ei tundunud üldse olevat häiritud hiigelkoori helidünaamikast – nad kiljusid omasoodu ja sooritasid, nagu näis, meelevaldseid lennutrajektoore meie peade kohal. Nende häälte tämbrid erinesid aga väga koori omast, nii et nende häälightsus ei tundunud meile üldse häirivana. Kuid siis ma märkasin teatud süsteemi kajakate lennutrajektorides – viimased näisid joonistavat Lauluväljaku kohal mingisuguse kõverpinna – mähispinna, mis algas heliekraani ülemisest servast ja kulges Lauluväljaku viimaste istmeridade poole ning näis sisaldavat peaaegu kõiki lindude lennutrajektoore. Siis järsku tekkis mul mõte (mis ei pruugi muidugi olla ka päris õige), et nimetatud kõverpind jagab õhuruumi Lauluväljaku kohal kaheks kihiks: alumine, kuhu heliekraan koondab otstarbekalt kogu hiigelkoori häälevoo dünaamika ja mida kajakad püüavad vältida, sest see näib neid häirivat, ning ülemine, kus koor pole peaaegu üldse kuuldav ja kus kajakad võivad lennata vaikusel. Kuna kajakad vastavalt energiakulu miinimumi kaalutlustele ei aja taga tarbetult suurt kõrgust, siis nende lendude trajektorid pidid asetsema peaaegu eespool mainitud kõverat – s.o. mähispinnas.

Seega sooritasid kajakad, nagu mulle näis, heliekraani “eksperimentaalse kontrolli”, ja andsid talle hinde “väga hea”.

Teiseks – meie kõrval istus sümpaatne keskealine abielupaar. Mees oli heas tujus, sest nähtavasti oli ta maitsnud eelnevalt pisut õlut. Meie saime nendega kohe mõnusale jutuotsale. Siis ma märkasin, et mu naabri uue ülikonna õlale oli äkki



Tallinna laululava kõlaekraani akustiline skeem. Allikas: Artiklikogumik "Eesti NSV Arhitektuur", 1961

tekkinud valge, täpselt ringikujuline laik, ligikaudse läbimõõduga üks toll. Ma kõhatasin piinlikult ja juhtisin oma naabri tähelepanu väikesele õnnetusele. Kuid, vastu minu ootusi löi ta nägu hoopis särava ja ta hüüatas suure rõõmuga: "Vaata, taevane linnuke valis mind välja 150 000 inimese seast ja tervitas mind omal viisil!" Tõepoolest, tõenäosus, et kellegagi juhtub Lauluväljakul sarnane äpardus, on kaduvalt väike, seda võib peaaegu imeks nimetada. Kuid mu naabri abikaasa suhtus juhtumisse hoopis väiksema vaimustusega – ta rääkis midagi nimetatud plekkide raskest eemaldatavusest riidelt ja lisas siis lõpuks pahuralt: "Sinuga juhtuvad ju

alati niisugused asjad!" Ma jälgisin ohates seda väikest perekonnadraamat, kus naisel oli muidugi õigus nagu alati. Kuid milline kõle paik oleks maailm ilma abielumeeste enesepetliku sentimentaalsuseta!

Lugupeetavatele koorijuhtidele ma teatan, et vastkirjeldatud kahest seigast hoolimata jälgisin ma koorimuusikat suurima tähelepanu ja naudinguga, kuigi ma põhiselt olen dekadentne instrumentalist.

Varem ilmunud: Taevased linnukesed Lauluväljaku kohal // Sirp ja Vasar (1985), nr. 52.

Kokkupuuted raudbetoonkonstruktsioonidega

TPI ehituskonstruktsioonide kateeder on tööstust ja eriti ehitustööstust sõjajärgsel perioodil sadu kordi abistanud ekspertiiside ja konsultatsioonidega, osavõtuga projekteerimistöödest, ehitiste püstitamisest, avariide likvideerimisest, teimimisest; oleme aidanud korraldada loenguid insener-tehnilise personali kvalifikatsiooni tõstmiseks, kirjutanud ulatusliku monograafiate sarja (ca 300 trükipoognat) jne.

Tuleb tunnistada, et kasu on olnud vastastikune. Kes oskab kokku lugeda neid rublasid, mida oleme kokku hoidnud, kes oskab hinnata seda moraalselt abi, mida oleme püüdnud anda avariilukordades ja nende likvideerimisel? Meile on vahel ette heidetud, et me pole olnud küllalt järjekindlad süüdlaste selgitamisel. Tõepoolest on peamine tähelepanu olnud pööratud tehniliste põhjuste ja olukordade selgitamisele. Oleme tundnud pidevat kontakti reaalse ehituseluga, ehitusplatsiga, uurimisasutustega, ametiasutustega. See on takistanud meid muutumast koolipalikuks. Meil on olnud võimalik illustreerida loenguid elust võetud materjaliga ja teha neid seega üliõpilastele palju huvitavamaks. Paljud diplomitööde teemad on võetud otse ehitustegevusest ja isegi paljud meie dissertatsiooniteemad on sealtsamast.

Käesolevas artiklis kirjeldan nelja juhtumit, sisult erinevaid probleeme, mis puudutavad ainult raudbetoonkonstruktsioone. Selliseid, üha erinevaid artikleid raudbetoon-, teras-, puit- või kivikonstruktsioonide käitumise kohta võiks kirjutada veel mitukümmend.

Praod, praod!

Ligikaudu 15 aastat tagasi avastati Balti Soojuselektrijaama masinasaali raudbetoonist katuslaes hulgaliselt võikaid pragusid. Et see suur ehitis oli ülitähtis kogu NSV Liidu looderajoonile, siis oli ekspluateerijate ja ehitajate seas tekkimas paanika. Gigantse ruumi (ca 30x30x60 m) katust taheti lammutada ja uuesti teha – seda

tingimustes, kus tehnoloogilise protsessi seiskamine ei tulnud üldse kõne alla. Nii sattus see probleem 1968. aastal ka ehituskonstruksioonide kateedri tähelepanu orbiiti.

Katust kannavad monteeritavad pingbetoonkaared (sildega ca 30 m). Niisugune kaar on muide NSV Liidu raudbetooni teooria ja praktika silmapaistev saavutus. Kasutatud on kõrgemargilisi materjale (M500, B-II). Lisaks sellele on geomeetrilised mõõtmed väga julged. Nii on kaare ristlõike kõrgus ($h=32$ cm) vaid ca 1/100 kaare sildest; kaare tõus ($f=3$ m) vaid ca 1/10 sildest.

Niisugune silmapaistev konstruksioon osutub võimalikuks vaid pingevarraste seisjõudude äärmiselt täpsel ärakasutamisel kaare paindemomentide reguleerimiseks. Arusaadav, et konstruksioon uuriti tüüpprojekti koostamise käigus üksipulgi mudelil (möödus 1:1) läbi, kuid siiski...

Kaarele toetusid tavalised katusepaneelid (sille ca 6 m, laius 1,5 m) 30 cm kõrguste ribidega, millesse oli tekkinud hulgaliselt kuni 7 mm avanenud pragusid (85% pragudest olid avanenud siiski vaid kuni 2 mm). Nende puhul oli võimalik tuvastada kolme omapärasest asjaolu:

- 1) erakordselt suurt laiust (tavaliselt on raudbetoonis normaalne pragude laius 0,1–0,3 mm; üle 0,5 mm laiune pragu ennustab avariid; kui prao laius ületab 2 mm, siis on asi kriitiline);
- 2) praod kustusid katuseharjal, räästale lähemal avanesid nad järjest suuremal määral;
- 3) praod olid "vale"-suunalised: "õiges" suunas avanev põikjõust põhjustatud pragu tõuseb toest eemaldudes, siin oli aga vastupidi.

Kogu lugu oli meile algul mõistatuseks. Projekteerijad olid teinud mitmesuguseid remondiettepanekuid, mis aga meid hoopis ei rahuldanud. Viimaks, pärast pikka mõtlemist, tekkis idee, et need praod on põhjustatud kaarte suurest roomedeformatsioonist. Siis viskasin selle idee ajutiselt kõrvale, sest olin näinud analoogilistes masinasaalides auruturbiinidest katuse poole tõusvat lõbusat auruvinet, mistõttu kaared pidid asuma küllalt niiskes keskkonnas. Uurisime siiski katusealuse mikrokliimat. Selgus, et õhutemperatuur katuse all oli $+45^{\circ}\text{C}$ ja õhuniiskus vaid 37%. Nüüd oli kõik selge! Sellises pörgulikus ja kõrbelikus mikrokliimas arendasid kaared, mis töötasid pealegi väga kõrge survepinge all (20 MPa ja rohkem), väga suuri roomedeformatsioone. Seda ei tahtnud aga katuseplaat, mille betoon töötab peaaegu nullpingega, hoopiski kaasa teha. Konfliktis said kannatada neid ühendavad elemendid – ribad. Et 1968. aastaks võis roomedeformatsiooni põhiliselt kustunuks lugeda, siis ei saanud katuse olukord edaspidi enam oluliselt halveneda.

Projekteerijaid õnnestus meil oma teooria õigsuses veenda üksnes ENSV Ehituskomitee autoriteetsel koosolekul.

Mis nüüd edasi? Kuna praod olid "vale"-suunalised, siis näis, et paneelide kandevõime ei võinud oluliselt muutunud olla. Meie laborisse saadeti 4 katusepaneeli. Tegime kunstlikult nende ribidesse samasugused praod, aetasime paneelid maksimaalse kalde alla (20° horisontaali suhtes) ja katsetasime neid vertikaalse koormuse all (dots. Allan Sumbak, Vello Otsmaa, õppemeister Evald Kalda jt.). Selgus, et need "vale"-suunalised praod ei mõjutanud üldse paneelide kandevõimet. Seega langes ära vajadus kogu katuse rekonstrueerimiseks ja jäi üle veel vaid pisiremont ca 15–20% pragude juures.

Huvitava asjaoluna märgin, et kui ca 10 aastat hiljem taas sattusin sellesse gigantsesse ruumi, kus nii suur draama oli aset leidnud, siis avastasin binokliga, et ühtki pragu ei olnud remonditud. Juhan Liivi ütlus: "Jaak, kurat, jalad põhjas!" on ikka kehtiv.

Tulekahju hotelli 10. korrusel

Juttu tuleb hotelli "Viru" tulekahjust 18. dets. 1969. a., õnneks toorehituse ajal. See põleng ei nõudnud ühtki inimohvrit, kuid palju segadust ja muret põhjustas ikkagi. Elektrikalorifeerid, mis soojendasid alt 10. korruse raudbetoonlage ja karkassiposte talvise betoonimise tingimustes, süütasid inventaarsete vineer-raketiste virna. Peatöödejuhataja Soome insener Pentti Saari viibis parajasti Moskvast, teised soomlased aga olid vähem resoluutsed ja püüdsid täpset tulekahju kustutada oma jõududega, kartes meie tuletõrjet kutsuda arvatava liialt suure maksumuse pärast. Lõpuks olid nad selleks siiski sunnitud. Tuletõrje näitas ennast parimast küljest, sest alles hiljuti oli läbi viidud spetsiaalõppus kõrghoonete tulekustutuse alal. Kõik sai korda päris kiiresti. Soomlased olid vaimustatud meie tuletõrje tegutsemisest, kuid veelgi enam seepärast, et see ei maksnud neile pennigi.

Kohtasin Soome töödejuhatajat hotelli ehitusel järgmisel hommikul. Ta oli tohutult õnnetu ja arvas, et tuleb lammutada kõik valmis kümme korrust kuni maani.

Pilt näis tõesti kurvavõitu. Lausa imekspeandav, kui ootamatult palju sisaldab toorehitus põlevat materjali ja igasuguseid kanaleid (näiteks tühjad liftiõhgid), mis töötavad tulekahju ajal korstnatena. Kuid siiski näis, et olukord polegi nii lootusetu. Meil olid suured kogemused tulest läbikäinud betooniga kohe pärast sõda, eriti seoses "Estonia" kompleksiga. Pärast põhjalikku uurimist selgus, et tõsiselt tuleb tegemist teha vaid 10. korruse laega. Ja sealgi oli võimalik säilitada kõik raamiriivid ja üle poole laeplaatidest. Seega otsustasime vähem kui 50% korruse

lae pinnast lammutada (tulekollete ja liftišahtide läheduses) ja ülejäänut vastavalt vajadusele remontida. Ka lammutamine läks lihtsalt. Kui kerge on lõhkuda 16 cm paksust raudbetoonplaati 20-naelase haamriga! Näis, et see on töö, mida mehed teevad lõbuga. Kui nad asusid plaadis olevat armatuuri läbi lõikama, siis astusin vahele. Inventaarne raketis tuli kohe alla panna ja endine armatuur uuesti sisse betoonida.

TPI korraldas 1970. a. jaanuarikuus 10. korruse lae allesjäänud osade uurimise: betoonkuupide väljaraiumine ja katsetamine, staatikalised kontrollarvutused, riivide ja paneelide proovikoormamised jne. Sellest ulatuslikust tööst võtsid osa dotsendid K. Ollik, V. Otsmaa, A. Sumbak ja õppemeister E. Kalda. Uurimistulemused olid positiivsed. Võis väita, et 10. korruse lagi on kõigiti usaldusväärne.

Soome töödejuhatajagi väitis, et on sellest probleemist ootamatult kergelt välja tulnud. Polnud vaja kohale kutsuda spetsialisti Lääne-Saksamaalt, mis tal algul plaanis oli olnud. Nüüd osutus suurimaks finantskahjuks kalorifeeride sissepõlemine – need olid kindlustamata.

Tartu jalakäigusild

Uus Tartu jalakäijate raudbetoonsild valmis 1959. a. sügisel sõja ajal purustatud Kivisilla (kingitud Tartu linnale Katariina II poolt 1784. a.) asemele. Samuti nagu kivisild enne sõda, on seegi nüüd kujunemas Tartu linna sümboliks. Nüüd, kus silla valmimisest on möödunud 25 aastat, on aeg meenutada neid probleeme, millega meil tuli siis tegeleda.

Projekti ja idee autor on hiljuti manalasse varisenud insener Peeter Varep. TPI aitas kaasa.

Sild on ühe peakanduriga. See variant on kogu maailmas haruldane ja näis algul paljudele tartlastelegi veidrana. Rahvas kõnnib mõlemal pool peakandurit konsolkõnniteedel. Peakanduriks on nn. varraskaar. See on suhteliselt õhuke (vaid 1:100 sildest) ja töötab peaaegu üksnes survele. Kaare tõmbevöö löikab kõnnitee piki silda pooleks ja võtab lisaks tõmbejõule ka kaare paindemomendid jäigastustalana vastu. Staatikaliselt on see üksik peakandur küllalt keerukas eriti stabiilsuse seisukohalt. Põikumisel oma kooldumispinnast välja võib varraskaar kaotada stabiilsuse vastavalt mitmesugustele koormusskeemidele. Näiteks siis, kui kogu sild on koormatud rahvahulgaga (s. o. ligikaudu 2000 inimest – näib küll vähetõenäoline, kuid see on normidega ettekirjutatud koormus!), või kui rahvahulk on kogu silla pikkusel, kuid ainult ühel pool; siis tekib sillale ka ohtlik väändekoormus. Võib leida teisigi ohtlikke koormusvariante. Terassilla puhul oleks see probleem

Tartu jalakäijate silla proovikoormamine 1959. aasta sügisel. Koormamisel kasutati Emajõe veega täidetud tünne. Allikas: TTÜ ehitusteaduskonna ehitiste projekteerimise instituudi arhiiv



hõlpsamini lahendatav, kuid raudbetoonsilla puhul, kus painde- ja eriti väändejäikused on küllalt ebamäärased, tekib projekteerimisel mõningaid ebamugavusi. Et meie kateeder võttis selle ainulaadse konstruktsiooni projekteerimisest osa, ka mudeli katsetamisest ja silla proovimisest, siis lubatagu mul järgnevalt esitada veel mõned detailid, seda enam, et projekti autorit enam meie seas ei ole.

Jäigastustala põikjõudude probleem on küllalt keerukas (kaks korda keerukam kui paindemomentide probleem), eriti kui arvestada, et põikjõud esineb kahemärgilisena kõikides jäigastustala lõigetes. Näib, et kui NSV Liidus poleks 1950ndatel aastatel üle mindud piirkoormuse meetodile ka raudbetoonsildade põikjõu vastupanu osas, siis poleks niisugune sillatüüp üldse võimalik olnud ülemäära raskete armatuuritööde tõttu. Kuid vahepeal on raudbetooni normides veel üht-teist muutunud ja nüüd näib, et jäigastustala arvutusse oleks pidanud sisse viima veel ühe varuteguri põikjõuvastupanu arvutamisel seal, kus koos mõjuvad tõmbejõud

ja põikjõud. Iga kord kui Tartusse satun, käin seepärast ka jalakäijate sillal korra ära. Seni pole midagi halba märganud.

Tartlased pole silla kaarega hoopiski rahul. Nad kiruvad, et ehitajad on järjekordselt praaki teinud. Kaare ülemine pind on ilus sile ja kaarjas, alumine pind aga kuidagi inetult jõnksuline. Siin tuleb aga märkida, et kaare ülemine sile pind on meie insectoride nõrkuse tunnus ja kompromiss arhitektidega. Õieti peaks ta olema niisama jõnksuline kui alumine, kus kompromissile ei mindud.

Lõpuks tahaksin märkida, et tänapäeval teeksime jäigastustala pingbetoonist, mis annaks terve rea olulisi eeliseid. Sel ajal (1957. a.) oli see aga veel varajane.

TPI ehituskonstruksioonide kateedris tehti tookord täpse mudeli katse, mis andis rahuldavaid tulemusi. Hoopis täpsemaid tulemusi saime aga valmis silla proovikoormamisel 1959. a. sügisel. Siin põrkusime küll ootamatule raskusele. Olime selleks ajaks proovinud juba mitmeid uusi sildu, kusjuures koormusena oli kasutatud veo- või paakautosid. Kuid seekord ei mahtunud veoautod silla kõnniteedele. Peab tunnistama, et olime tõsiselt mures, kuni otsustasime silda koormata Emajõe veega täidetud vaatide abil. Sellele ideele viis meid Tartu Õllevabriku siluett. Saime sealt küll vaid 70 vaati, needki enamasti ei pidanud vett. Ülejäänud 500 vaati, kogu kasuskoormus aga ca 100 t, otsis meie "vaadimeister" Mihkel Leibur (nüüd EPA dotsent ja dekaan) Tartu ümbruse masinatraktorijaamadest. Seega olid need mitte õlle-, vaid õlivaadid. Tartu tuletõrje täitis need 1–2 tunni jooksul Emajõe veega. Hiljem tühjendasime neid kummitorude-sifoonide abil. Suur hulk mõõteriistu näitas, et sild käitub normaalselt.

Hüpar

Juttu tuleb EKP Keskkomitee istungisaali raudbetoonkatusest – koorikust, mis on kujundatud hüperboolse paraboloidina (hüparina) ehk sadulpinnana, ehitatud 1968. a. Põhiplaanis on kõik kooriku neli külge 26,46 m pikad. Et põhiplaani on veidi rombjas, siis peadiagonaal on 33,73 m ja kõrvaldiagonaal 40,00 m pikk. Konstruksiooni autor on insener Vello Hütsi "Eesti Projektist", kes muide on projekteerinud kõik ENSV-s ehitatud raudbetoonhüparid.

Raudbetoonhüpar on üks keerukamaid probleeme raudbetooni teoorias ja praktikas. Tal on negatiivne Gaussi kõverus. Juba see asjaolu üksi teeb ettevaatlikuks. Lisaks sellele on vaadeldaval objektil sirged, nn. asümptootilised servad, mistõttu kogu pinnas esinevad põhiliste ja kandvate membraansisejõudude kõrval ka ebamugavad ja parasiitsed paindesisejõud.

Maailmas on raudbetoonhüpareid kasutatud suurel hulgal, kuid enamasti on nad arvutatud membraansisejõudude järgi. Paindesisejõude on dimensioonimisel

arvestatud ebamääraselt ja konstruktiivselt. Täiuslikumad arvutusmeetodid, mis kasutavad koorikute üldteooriat, ei arvesta raudbetooni spetsiifikat (näiteks pragude vältimatut tekkimist) ega ka omapäraseid olukordi, mis tekivad kooriku servadel raudbetoonist äärel liikmete olemasolu korral. Kõigele lisaks luurab stabiilsuskaot (mõlkumise) oht, mille suhtes võib hoopis vähe midagi konkreetset öelda (ja seda mitte üksi raudbetoonkoorikute puhul).

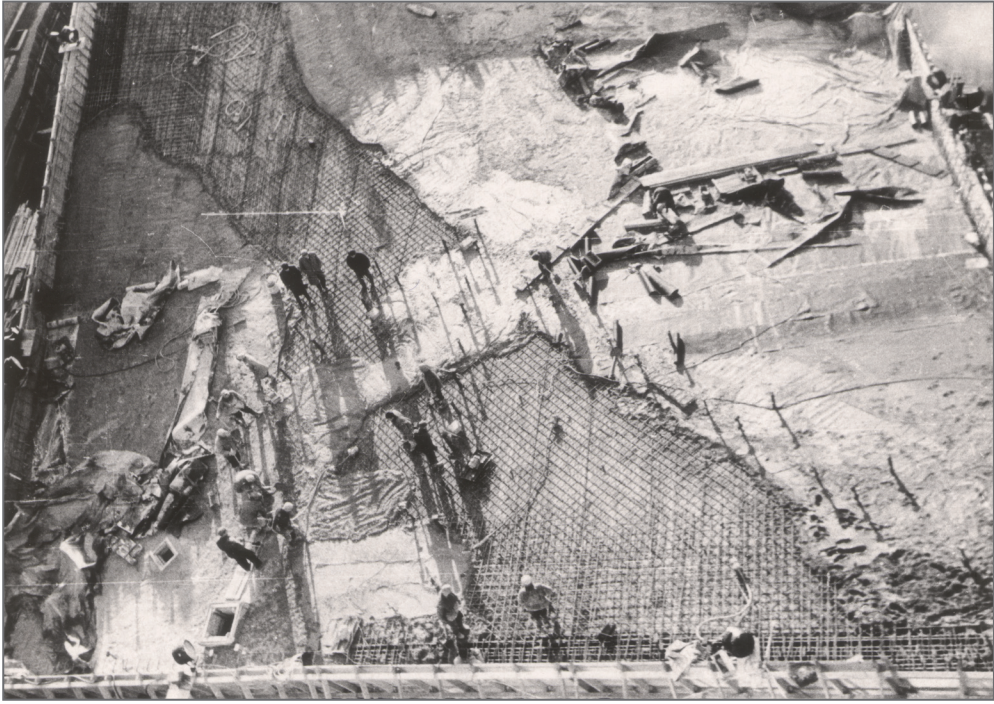
Kui kooriku projekteerimisel vead paindesisejõudude hindamisel või konstrueerimisel oluliselt ei mõjuta põhilist, s. o. membraansisejõudude mängu, siis tuleb koorik lugeda heaks; sellised on positiivse Gaussi kõverusega kaksikkõverad koorikud – Tallinna Balti jaama ootepaviljoni katus ning Tallinna suurrajatis – 1917. a. ehitatud kolmikkoorik sadamas. Kui äpardused paindesisejõudude arvutamisel ja konstrueerimisel võivad põhjustada membraansisejõudude jaotuse katastroofilisi muutusi, siis on koorik halb (silinderkoorikud). Hüpar näib kuuluvat siiski võrdlemise heade koorikute hulka, kuigi päris kindlalt seda väita ei või.

Hüpari kaht madalat punkti ühendavat joont nimetame peadiagonaaliks. Hüpar kannab pea kogu kooriku koormuse nendesse punktidesse, jättes kõrgemad punktid peaaegu koormusvabaks. Peadiagonaali suunas on koorik surutud peaurvemembraanjõududega ja sellega risti tõmmatud peatõmbe- membraanjõududega. Peadiagonaali suunas asetseb ka võimas kooriku tõmb, mille sisejõud võrdub ligikaudselt kogu kooriku koormusega (paljud tuhanded kilonjuutonid). Seoses sellega on koorikus vältimatult terve süsteem kogu kooriku pikkust läbi- vaid pragusid, mis asetsevad peadiagonaaliga paralleelselt. Võttes neid arvesse, on tehnikakandidaadid M. Leibur ja Ü. Takker hiljuti arendanud raudbetoonhüparite arvutamiseks nn. poolmomentide teooria, kus on eeldatud, et nendest pragudest paindemoment läbi ei lähe. Paindemoment esineb niisiis vaid peadiagonaali suunas.

Nüüd pöördugem tagasi vaadeldava objekti juurde.

TPI ehituskonstruksioonide kateedris valmistas aspirant Vello Hütsi hüpari tsementmördist täppismudeli mõõdus 1:10. Katsetuste andmed kujunesid aluseks järgnevale projekteerimistöele "Eesti Projektis" tema enda juhtimisel.

Huvitav on jälgida vaadeldava kooriku paksuse evolutsiooni kasvava ettevaatlikkuse tingimustes. Projektis oli ette nähtud kooriku paksus 10 cm. Ehitajate nõudel suurendati seda 12 cm-le; tööde käigus suurenes see kuidagi 14 cm-le. See- ga pandi, nagu meile näib, katusele asjatult 70 tonni betooni juurde (ligikaudu niisama palju suurenes ka tõmbi sisejõud). Tahan siinkohal hoiatada, et kooriku paksuse suurendamine ei tähenda alati kooriku varu suurendamist, sest see võib põhjustada ülekoormust äärel liikmetes ja tõmbides. Praegu on siiski kõik korras, sest ka äärel liikmed on arhitektuurilistel kaalutlustel valitud gigantsed ja tõmb



EKP Keskkomitee hoone (Eesti Projekt, 1964) istungitesaali hüparkatuse ehitus. Allikas: TTÜ ehitusteaduskonna ehitiste projekteerimise instituudi arhiiv

ettevaatlikult dimensioonitud. Kuid siiski on minule kui raudbetoonkoorikute spetsialistile kogu see konstruktsioon muutunud kuidagi tuimaks, kooriku "tunne" on justkui kadunud. Betooni pinged on häbematult väikesed ja mingist "kõditavast" mõlkumisohust pole juttugi.

Õieti on sellisteks koorikuteks soovitav kasutada pingbetooni, kuid seejuures on reaalselt võimalik ette pingestada vaid tõmbi. Seekord oleks see tähendanud lae all saalis võrdlemisi rasket raudbetoonelementi, millega arhitektid täiesti õigustatult nõus polnud. Tõmbina kasutati väga ažuurset konstruktsiooni, 5 trossi (à Ø 51 mm). TPI ehituskonstruktsioonide kateedri brigaad eesotsas dots. A. Sumbakuga eelpingestas tõmbi ca 2500 kN-ga, mis ligikaudselt vastab kooriku omakaalu mõjule. Sellega venitati tõmbi ca 20 cm ulatuses, mille võrra kooriku peadiagonaali otsad oleksid nihkunud üksteise suhtes väljapoole ja põhjustanud kooriku keskpunkti 30–40 cm-lise läbipainde. Seega oleks koorik märgatavalt

lamendunud ja tema geomeetria halvenenud. Seepärast on eeltõmbe mõju väga oluline. Koormustele (isolatsioonid ja lumi) töötab tõmb ilma eelpingeta. Seetõttu oli siiski oodata kooriku keskkoha läbipainet ca 10 cm ulatuses, mis on talutav.

Tõmbi eelpingestamise käigus kontrolliti ka kooriku tööd: püüti määrata normaaljõudusid ja paindemomente kardinaalsetes löigetes ning pingeid eriti peadiagonaali otspunktides. Kasutati tehnikakandidaat Olav Sammali pingemõõtureid. Kõik tulemused olid rahuldavad.

Varem ilmunud: Kokkupuuted raudbetoonkonstruktsioonidega // Ehitusinsenerid TPI-st. Tallinn, 1986, lk. 153–158.

Staatikuna 1930. aastatel

Järgnevalt püüan kirjeldada oma tegevust ehitusinsenerina (so. rohkem küll konstruktorina, või nagu 50 aastat tagasi nimetati, staatikuna) 1930ndatel aastatel. Mu meenutused omavad rohkem ehitusajaloolist kui tänapäeval nõutavat valju praktilist väärtust. Kuid eks vist ikka kehtib ütlus: kui tahad olla tark tulevikus, meenuta minevikku!

Ma pean aga kohe märkima, et kogu järgnev jutt baseerub mälul, sest mingeid jooniseid, arvutusi ja paljudel juhtudel ka ehitisi pole säilinud. Seetõttu ei suuda ma vastutada esitatud materjali erilise täpsuse eest. Toodud joonised on skemaatilised. Järgnev on siiski mõeldud rohkem üldolukorra kirjeldusena, millised probleemid siis meil olid, kuidas neid lahendada püüti, ja mõningaid võrdlusi tänapäevaga.

1929. a. lõpus oli New Yorgi börsil aset leidnud suur katastroof, mis paiskas kogu kapitalistliku ühiskonna raskesse kriisiolukorda. Kui aga mina nii-öelda "pärale jõudsin", so. 1930ndate aastate keskpaiku, oli kriis juba mõnevõrra nõrgenenud, mistõttu ka meil, Eesti territooriumil, algas vilgas ehitustegevus. Minu ette sattus sel ajal rida tööstusehitusi, ühiskondlikke ehitusi, elamuid, sildu jne., millest järgnevalt valikuliselt lühidalt pajatan.

Rida probleeme, millega tegelesin, oleks sel ajal võib-olla väärinud kirjeldamist vastavas tehnilises ajakirjanduses, kuid tollal ma ei mõelnud sellele.

Ma poleks ehitusinsener, kui ma ei püüaks lühidalt kirjeldada tolleaegset üldist ehitusolukorda ja eriti ehitusplatsi.

Sel ajal puudusid muidugi komiteed, mammut-projekteerimisorganisatsioonid, tüüpprojektid, tüüpkonstruktsioonid, monteeritavad raudbetoonkonstruktsioonid,¹ pingbetoonkonstruktsioonid,² pindkandurid ja muidugi raalid. Edasi, minu tegevuse üle polnud mingit kontrolli (joonised läksid kohe ehitusplatsile, kus ma

¹ Esimesi monteeritavaid raudbetoonkonstruktsioone Eesti territooriumil kasutati "Estonia" hoone taastamisel 1948. a. (lavakasti katus ja samas tulekindlad trepikojad).

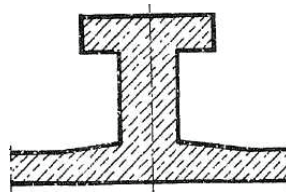
² Sel ajal tegi esialgseid olulisi katseid teises Euroopa nurgas – Prantsusmaal – ins. E. Freyssinet.

sageli ise töötasin), mis suurendas mu enda vastutust. Mul ei olnud mingisugust organisatsiooni seljataga ja tundsin end "üksiku hundina".

Sel ajal lahendati kõik probleemid tellija, arhitekti, staatiku ja ehitusettevõtja vahel, enamasti krediidi kasutamisega. Ei olnud ka mingisuguseid ehitusmaterjali fonde. Kui oli vaja näiteks tsementi või armatuuriterast (seda oli vaid ühte sorti, mis vastas meie A-I-le), siis helistas ettevõtja ehitusmaterjalide firmasse ja veel samal päeval oli vajalik materjal kohal. Tellised saabusid viivitamatult ja olid kvaliteetsemad kui nüüd – suur osa tellisetehaseid olid siis ju 50 aastat nooremad ja savikarjäärid paremad, mistõttu tellised olid külmakindlamad.

Ehitusettevõtja oli sageli väikese haridusega ja võib-olla isegi vaene mees, kuid energiline, initsiatiivikas, ja mis tähtsaim – krediidivõimeline. Ta andis tööd välja brigaadidele, artellidele või kooperatiividele – näiteks laudsepatööd (uksed, aknad), paekivist trepiastmed ja nende paigaldamine, elektritööd jne. – lepingu alusel. Seejuures ei olnud kunagi tööviivitusi või kvaliteedi probleeme. Kõik toimus vaikselt ja käratult.

Kui sattusin ehitusplatsile (umbes 1935. a.), siis nägi see välja hoopis teistsugune kui praegu. Kõigepealt toimus seal vilgas ja usin tegevus – kuskil polnud näha sellist looderdamist nagu mõnel juhul praegu. Üheks põhjuseks oli, et alati leidis ehitusplatsi värava taga mehi, kes tahtsid tööle tulla. Tööpuudus! Töölised olid kõik head spetsialistid – mürsepad, puusepad, armatuurimehed, betoneerijad (vibraatorid puudusid!) jne., kuid eriti raketispuusepad. Viimane elukutse on meil nüüdseks (alates 1954. aastast) praktiliselt kadunud. Nüüd, kus monoliitraudbetoon leiab arvatavasti jälle ulatuslikku kasutamist, tuleb see elukutse uuesti taastada. Tol ajal oli raketisjoonisel välja joonestatud vaid raudbetooni gabariit. Kõik muu (kogu raketise teostus, värske betooni surve vastuvõtt jne.) panid raketispuusepad ise paika. Nad olid üldiselt väga taibukad. Näiteks osutus tänu nendele võistlusvõimeliseks terastaladega nn, "soome lagi" (joon.1; Soomes nimetati seda muide "rootsi laeks"). Neid kasutati meil massiliselt (tänapäeva väljendus!) nii elamutes kui ka ühiskondlikes hoonetes. Raketiste osas nõudsid need "nikerdamist". Kuid sõja ajal aset leidnud tulekahjudes langesid suuremal osal taladel survetsooni tugevdus – "kõrvad" ära.



Joonis 1

Kui 1945. a. mõtlesin, kuidas neid lagesid taastada, siis avastasin oma suureks üllatuseks, et meil kehtima hakanud NSV Liidu raudbetooni normide kohaselt polnud tugevdusi – “kõrvu” üldse vaja. Põhjus seisis selles, et vastavalt NSV Liidu normidele töötavad talade survetsoonid purunemisolukorra teooria kohaselt hoopis soodsamalt, kui eeldab DIN (Deutsche Industrie-Normen), mille aluseks oli teatavasti klassikaline teooria.

Ehitusplatsid olid siis, pehmelt öeldes, nõrgalt mehhaniseeritud. Betoonisegistid olid juba ilmunud suurematele ehitusplatsidele. Kuid telliseid kanti kõrgematele korrustele ikka veel “kitsega”. Keevitustöö raudbetooni armatuuri-karkassi valmistamisel oli tundmatu, kogu armatuur seoti pehme traadiga.

Tänapäeva ehitusplatsid on hästi mehhaniseeritud. Isegi väikese objekti ehitamisel pannakse tornkraana püsti. On juhte, kus see võimas tehnika teenindab vaid kolme-nelja töolist, kes tegelikult teevad tööd päevas vaid 2–3 tundi! Kuidas küll selle kraana üür tasutakse?

Järgnevalt kirjeldan valikuliselt mõningaid huvitavamaid ehitisi, nende detaile ja probleeme, mille lahendamisest pidin otsustavalt osa võtma. Olgu märgitud, et real juhtudel tuli mul sel ajal katsetada mudeleid, mida tehti siis esmakordselt TTÜ ehitusteaduskonnas.

Olin siis oma tööst tohutult huvitatud. Selle tõestuseks olgu asjaolu, et ma ei mäleta, kes ja kui palju mulle mu töö eest maksis.

Raudbetoonist fosforiidipunkrite galerii Maardus

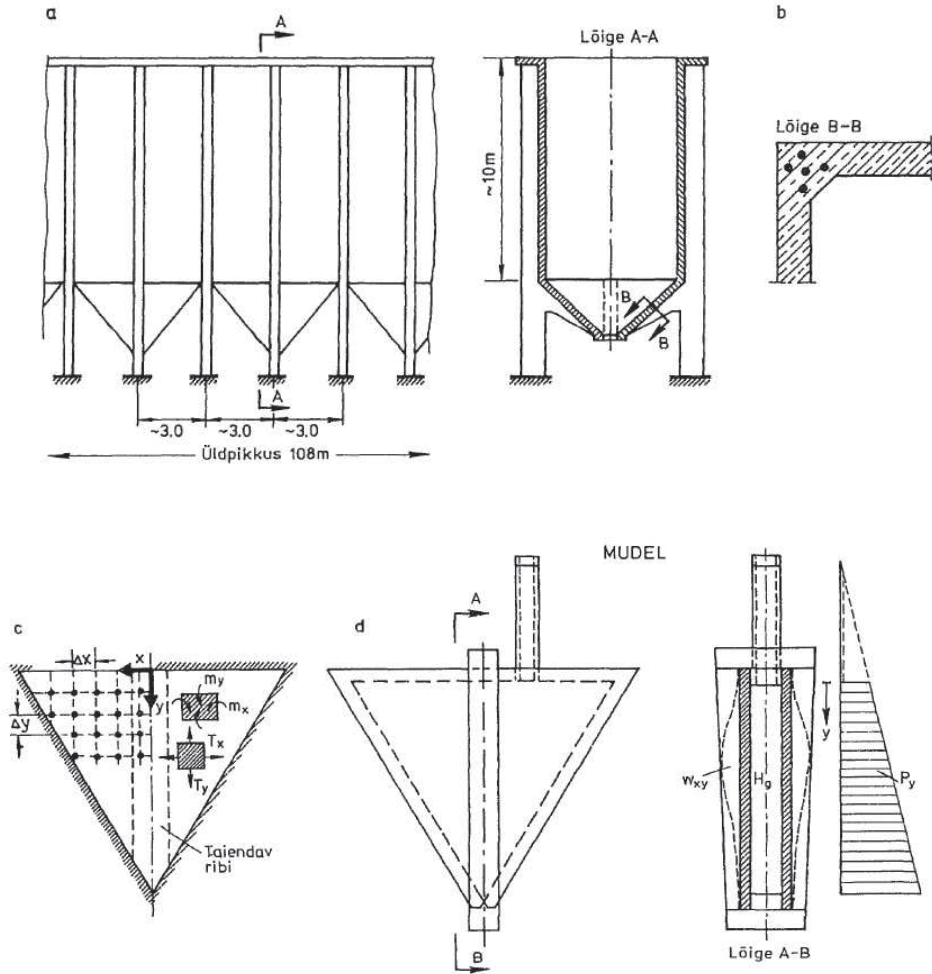
Maardus püstitati raudbetoonist fosforiidipunkrite galerii mahuga 5000 m³ ja pikkusega üle 100 m (joon. 2, a). Ühe punkri mõõtmed põhiplaanis olid ca 6x6 m, punkri ruudukujulise ristlõikega prismalise osa kõrgus oli ca 10 m (joon. 2, b). Punkri vertikaalseina toetati iga 3 m tagant võimsate vertikaalsete raudbetoonribidega – postidega. Käesolevalt pööran tähelepanu üksnes punkri leetri kolmnurksele plaadile, mis oli peaaegu võrdkülgne – 6 m (tegelikult kaks külge 5,6 m). Kuna mul tekkis idee toetada seda küllaltki suurt ja raskelt koormatud plaati (vähemalt 10 m kõrgune fosforiidikiht!) keskelt muutuva kõrgusega raudbetoonribiga, mis hargnes vertikaalribist – postist (joon. 2), siis osutus plaadi staatika keerukaks. Otsustasin sellele probleemile pöörata tõsist tähelepanu, sest neid plaate oli küllalt palju – 72 tk. Kasutasin plaadi arvutamisel nn. lõplike diferentside (Δx , Δy) meetodit, mis selleks ajaks oli just välja töötatud. Meetodi idee on järgmine: plaadi normaalpaigutuse $w(x, y)$ suhtes koostatud diferentsiaalvõrrand

$$N \frac{\partial^4 w_{xy}}{\partial x^4} + 2N \frac{\partial^4 w_{xy}}{\partial x^2 \partial y^2} + N \frac{\partial^4 w_{xy}}{\partial y^4} = p_{xy} \quad (1)$$

(p_{xy} – koormus vaadeldavas punktis, N – plaadi paindejäikus, w_{xy} – vaadeldava punkti (x, y) normaalpaigutus) asendatakse valitud plaadi punktides lineaarsete differentsvõrranditega. Võttes arvesse ka servatingimusi (kõne all olev plaat on kõigis kolmes servas jäigalt kinnitatud), tuleb lahendada algebraline lineaarvõrrandite süsteem plaadi paigutuste w_{xy} suhtes. Kuid siin pörkasin ületamatule raskusele: tuli lahendada võrrandisüsteem näiteks 30–40 tundmatuga, mis selleaegsete matemaatiliste vahenditega osutus täiesti võimatuks. Tuleb märkida, et ka tänapäeval kasutatakse praktikas lõplike diferentside meetodit (lõplike elementide meetodi kõrval), kuid nüüd on nimetatud võrrandisüsteemi lahendamine raaliga lihtne probleem. Sel ajal otsustasin teha mudelkatse. Valmistasin tselluloidist mudeli mõõdus 1:20 (joon. 2, d). Kaks tselluloidplaati liimiti servades jäikade tselluloidribadega kokku, nii et plaadid osutusid servades jäigalt kinnitatuks. Edasi liimisin mõlemale poole muutuva kõrgusega tselluloidribad imiteerimaks täiendavaid raudbetoonribasid. Plaadi ülemine ääreriba oli varustatud vertikaalse toruga, mille kaudu oli võimalik täita kahe plaadi vaheline ruum elavhõbedaga (joon. 2, d) ja imiteerida ka trapetsiliselt jaotatud plaadikoormust. Terasklambri külge kinnitatud mõõtekella abil mõõtsin korraka mõlema plaadi topeltpaigutusi väljapoole $[2w(x, y)]$. Katse tulemustest oli võimalik arvutada raudbetoonplaadi paigutusi w_{xy} tegelikus konstruktsioonis ja reaalsel koormustel, seega mõõda minnes suure maatriksilise lineaarvõrrandisüsteemi lahendamisest. Edasi sai plaadi paindemomendid m_x , m_y ja põikjõud Q_x , Q_y arvutada lõplike diferentside meetodi abil lihtsate matemaatiliste operatsioonidega. Kuid siis algasid kõhklused ja kahtlused. Kõigepealt, plaadis toimivad membraansisejõud T_x , T_y mis tekitab plaadi toereaktsioonide toimet ja mis tõmbejõududena mõnevõrra vähendavad paindemomente m_x ja m_y . Kuid see täpsustatud ülesanne on mittelineaarne ja pealegi raudbetoonplaadis esinevate painde- ja tõmbepragude tõttu ebareaalne. Edasi tuleb eeldada, et suures osas plaadi pinnas puuduvad väändemomendid m_{xy} , sest nende vastuvõtu armatuur on ebatehnoloogiline. Seega suures osas plaadi pinnas langeb plaadi diferentsiaalvõrrandis, aga ka vastavas diferentsvõrrandis välja liige B. Kuna koormus p_y jääb muutumatuks, siis peavad suureneva paindemomendid m_x ja m_y . Ülesanne osutub lõppkokkuvõttes väga keerukaks ja isegi tänapäeva arvutustehnika puhul lahendamatuks. Ma olin sunnitud plaadi dimensioonima vastavalt membraantõmbe jõududele ja mudelkatselt leitud paindemomentidele. Ja oleksin sunnitud samamoodi käituma ka tänapäeval,

seda enam, et vead, mis esinevad membraanjõudude mõjust loobumise ja väändmomentide kao tõttu, mõningal määral kompenseerivad üksteist.

Minu tselluloidimudel ei vastanud siiski täpselt tegelikule raudbetoonpladile, sest mudelis võeti väändmomentid vastu.



Joonis 2

Punkrite projekteerimisel tegin veel ühe tõsise vea, kui silmas pidada tänapäeva tarkust. Nimelt on nüüd, mõeldes tõsisemalt membraansisejõududele, tavaks lehtri naaberplaatide löikejoonele ette näha eriline võimas armatuur (näiteks 4–5 Ø 25 A-III) alt lehtri väljajooksu juurest kuni üles postinurka (joon. 2, b, B-B). See armatuur meil puudus, nagu ka kõikidel varem ehitatud punkritel.

Sellise pikkusega punkrile on vaja ette näha ka üks temperatuurivuuk. Kuid selle kohta ma ei mäleta midagi.

Ehituskonstruksioonide kateedris tekkis seepärast ja ka muudel põhjustel huvi, kuidas see punkrigalerii käitub pärast 50 aasta möödumist. Käisime hiljuti professor V. Kulbachiga Maardus asja uurimas. Suure otsimise järel leidsime punkrigalerii tehase ehitiste labürindis üles, kuid võib-olla juba 25 aastat tagasi on punkrite lehtrid välja raiutud. Vaid võimsad vertikaalribid seisavad veel kurvalt ja tegevusetult. Hoone väliskarp teenindab teisi tehnoloogilisi protsesse. Nii et ka põnevat probleemi, kuidas lehtrite raudbetoon talub pika aja kestel fosforiidi hõõret, ei õnnestunud meil selgitada. Kuid siiski, mingeid reklamatsioone punkrigalerii kohta pole ma kuulnud.

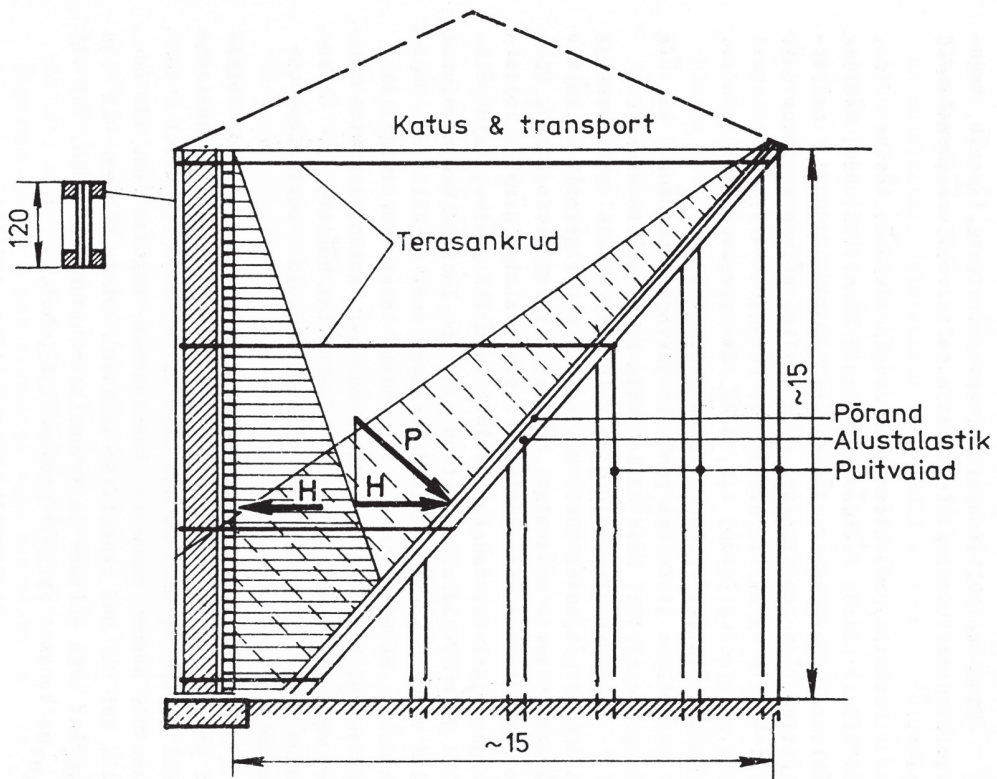
Sellise ehitise projekteerimisel on terve rida teisigi probleeme. Näiteks täitematerjali vertikaal- ja horisontaaltransport, millega aga mina ei tegelnud (joonisel 2 esitamata). Nende tähtsate küsimustega tegeles ins. Ilo Aurik, kel oli hea praktilise inseneri vaist. Hiljem oli ta pikemat aega Ehitus- ja Mehaanikatehnikumi õppejõud. Mul oli temaga kontakt paljude probleemide puhul.

Fosforiidipunker Tallinna sadamas

Mõnevõrra hiljem kui Maardu punkrigalerii püstitati Tallinna sadamakaile ca 5000 m³ mahuga fosforiidipunker (joon. 3). Selle kõrgus ja laius olid ca 15 m, pikkus 50–60 m. Kogu punker ehitati puidust. See oli üks markantsemaid puitkonstruksioone, mis meil kunagi ehitatud.

Punkrisse veeti fosforiiti Maardust näiteks kuu aega ja siis lastiti laev 1–2 päeva jooksul. Punkri täitematerjali transpordiskeemi ja detailid projekteeris jälle insener Ilo Aurik.

Punkri merepoolne sein moodustati umbes 15 m kõrgustest vertikaalsetest naelutatud peakanduritest (vahekaugusega 2–3 m) ja horisontaalprussidest vertikaalseinast. Tagumine kaldpõrand komplekteeriti samuti prussidest, mis toetusid puidust alustaladele ja need omakorda kaisse rammitud puitvaiadele. Iga naelutatud peakandur varustati nelja horisontaalse terasankruga, mis kinnitati kaldpõranda alustalade külge. Seega osutusid vertikaalkandurid kolme sildega jätkuvtaladeks



Joonis 3

elastsetel tugelel. Üldine horisontaalrõhk neile tasakaalustus täitematerjali rõhu horisontaalkomponendiga kaldpõrandal (joon. 3). Projekteerimine toimus üldiselt mõistliku riski tingimustes, sest avarii korral oli vähe tõenäoline, et inimestega midagi juhtuks. Seejuures tekkisid aga mitmed probleemid. Raskeim neist oli ikkagi vertikaalsete peakandurite põikjõukindluse tagamine naeltega terasankrute kinnitusosalal. Insener I. Aurikuga arutades pidasime võimalikuks naelte koormust 25% võrra suurendada, võrreldes tavalisega. Ei olnud ka päris selge, mis toimub fosforiidi sees asuvate terasankrutega eksploatatsioonis. Siiski nende mõne aasta jooksul, mis see suuremahuline punker eksploatatsioonis oli, midagi eriti halba ei tuvastatud. Ühe tähtsa asja unustasime hoopis: see oli piksekaitse. Juhtisime küll hiljem sellele tähelepanu, kuid meie teada ei paigaldatud piksevardaid kunagi.

Muidugi mõista olid ka punkri otsaseinad varustatud vertikaalsete naelkandurite ja vastavate horisontaalsete terasankrutega (joonisel 3 näitamata). Ma ei tea, kas ma nüüd julgeksin sellist asja projekteerida. Nooruses on inimene kergemini valmis riskiks. Pean lisama, et selle huvitava puitehitise hävitasid okupandid 1944. a. sügisel Tallinnast lahkumisel. Sic transit gloria mundi! Tunnistan, et hingasin kuidagi kergemalt.

Seibisilla sisejõudude mõjujooned

Raudbetoonsildade ehitamisel arendatakse peatalade alumine pind sageli kõverjooneliselt välja (näiteks Kasari sild, Narva Sõpruse sild, Kose-Lükati sild jne.). Seejuures võib silla skeemiga tekkida arusaamatusi, sest sild meenutab kaarsilda. Seda ta aga ei ole, vaid on ikka talasild ristlõike suurema või väiksema muutusega piki silla telge. Sellise silla arvutamisel tekkis omal ajal (ja tekib tänapäevalgi) raskusi eriti sisejõudude mõjujoonte määramisel.

Mina kasutasin sel juhul jälle tselluloidmudelit (joon. 4). Ma ei mäleta, millise konkreetse sillaga oli see probleem seotud. Arvatavasti üks neist, mis jäi koguni ehitamata vastsaabunud suurte muudatuste tõttu.

Kui näiteks oli vaja määrata paindemomendi M_E mõjujoon lõikes E (joon. 4), siis toimus see järgmise protseduuri kohaselt:

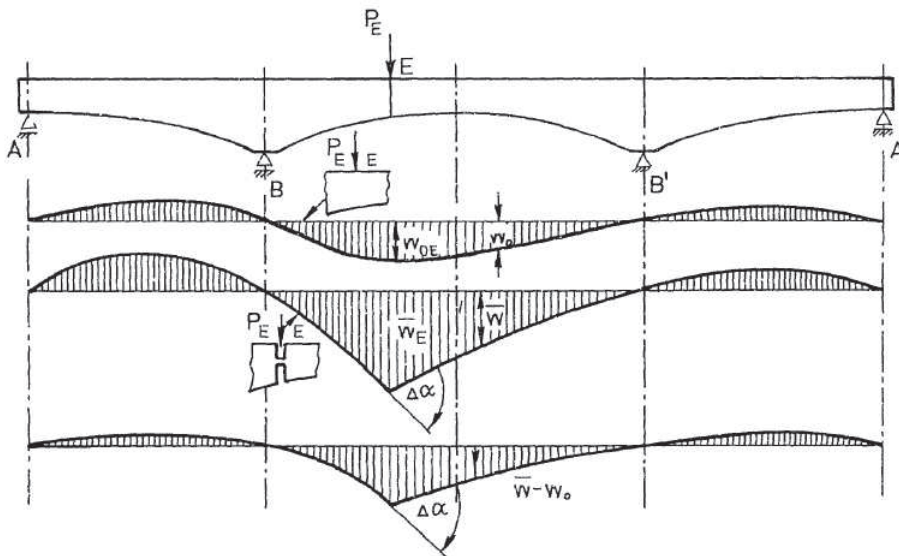
- 1) mingi meelevaldse koormuse P_E puhul (mis ei tohtinud mudelis esile kutsuda plastseid deformatsioone) määrati tala elastne joon w_0 (joon. 4);
- 2) lõigati lõikesse E pilud, nagu joonisel 4 näidatud, s.o. kõrvaldati lõikes E paindemoment;
- 3) mõõdeti sama P_E puhul uuesti elastne joon (üldiselt suurema läbipaindega \bar{w}). Sel juhul on M_E välja lülitatud ja ilmselt on läbipaindejoonte \bar{w} ja w_0 erinevus põhjustatud M_E nullimisest;
- 4) nüüd võib kirjutada, kasutades Betty - Maxwelli reeglit, M_E mõjujoone avaldisega

$$M_E = P_E K (\bar{w} - w_0),$$

kus $P_E = 1$ (jõuühik), mis on loomulikult afinne paigutusjoonte erinevusega.

Tegur K on dimensioonita arv ja võrdub $1/\Delta\alpha$ -ga (vt. joon. 4).

Märgin, et \bar{w} ja w_0 tuleb määrata küllaltki täpselt. Selleks tellisin välismaalt nn. Beggsi mikroskoobi. Selle vaateväli on valgustatud ja varustatud mõõteskaalaga täpsusega 0,01 mm, kuid leppisin täpsusega 0,1 mm.



Joonis 4

Eksperimenti sooritades ilmnes, et eksperimentaatori kehatemperatuur võib tulemusi oluliselt moonutada. Seepärast tuli Beggsi mikroskoobiga vaatlustel käsutada ventilaatorite süsteemi. See mikroskoop on alles TTÜ ehitus-mehaanika kateedris. Mulle näib, et kirjeldatud võtet on otstarbekas kasutada ka tänapäeval tasapinnaliste lineaarsete probleemide lahendamisel, juhul kui konstruktsioon on geomeetriliselt liiga keeruline. Printsipiiaalselt võiks seda kasutada ka ruumkonstruktsioonide puhul, kuid siis tekivad arvatavasti mõningad tehnilised raskused.

Tallinna Kadrioru staadioni tribüün

1937. a. ehitati Tallinna Kadrioru staadionile raudbetoonist tribüün. Juhtus nii, et tribüüni projekteeris insener August Komendant,³ minu ülesandeks jäi projekteerida

³ Ins. August Komendant, minust mõni aasta vanem, saabus Saksamaalt 1934. a., kus ta oli tuntud Dresdeni professori Kurt Beyeri õpilane. Ta osutus väga tugevaks staatikuks, kuid ilma eksperimentaalse kallakuta. Hiljem emigreerus ta USA-sse, kus saavutas silmapaistvat edu. Pean märkima, et mul oli temaga suhteliselt vähe kokkupuuteid ja needki polnud kõige meeldivad. Kuid mõeldes nüüd asjadele tagantjärele, olin minagi selles osaliselt süüdi. Vahel on mul kahju, et ta lahkus.

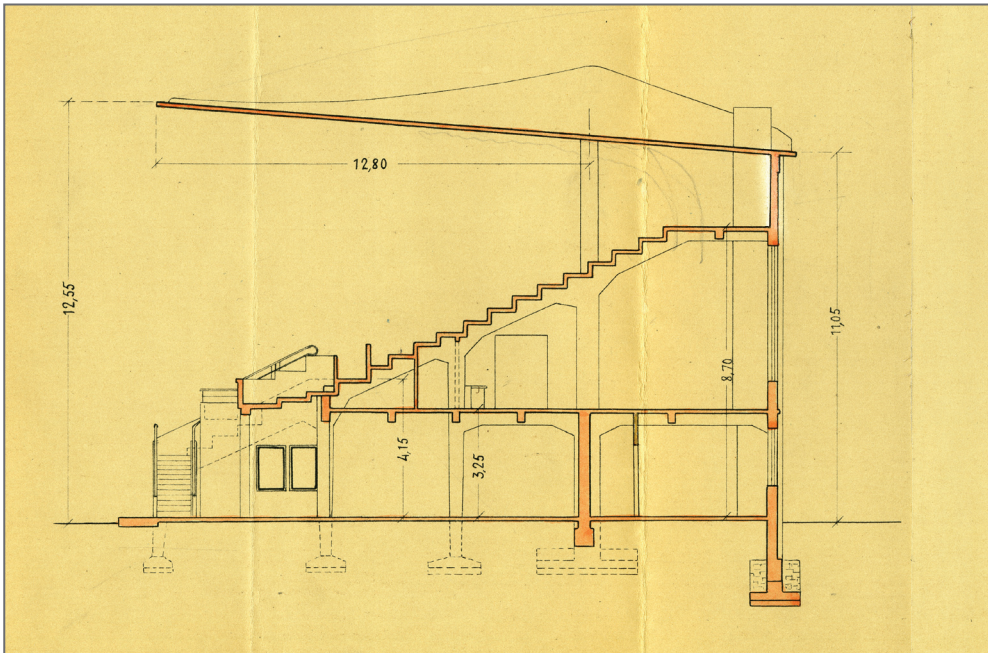


Kadrioru staadioni tribüün konsoole varikatusega (arhitekt Elmar Lohk, 1937). Foto autor: Martin Siplane

varikatus (joon. 5). Viimase väljaulatav konsool oli 12 m pikk ja sel ajal pikim Euroopas.⁴ Varikatuse iga konsool toetus ühele postile, mis oli ka ainsaks sidemeks tribüüni ja varikatuse vahel. Et posti jäikus oli konsooli jäikusega võrreldes tühine, siis võis staatikaliselt vaadelda varikatust tribüünist lahus ja probleemi jagada ilma raskusteta kahe staatiku vahel. Tribüün ise ja samuti tema varikatus ei paista tänapäeval enam millegi olulisega silma.

Alljärgnevalt tasub rääkida vaid ühest asjast. Nimelt tekkis mul idee arvutada varikatuse konsooli lahtiraketamisel tekkiv läbivajum. Selle probleemi lahendus polnud siis väga kerge ülesanne ega ole isegi praegu. Arvutasin, nagu sel ajal oskasin, ja sain 43 mm. Ja oi imet! Geodeedid mõtsid täpselt 43 mm. (Siin ei läinud muidugi arvesse ei roome ega ka mahukahanemise mõju, mille kohta oli sel ajal vähe kvantitatiivseid andmeid.) Pean tunnustama, et tundsin teatud uhkust, ja minu re-

⁴ Nüüd on analoogiliste varikatuste pikkus Euroopas 20 ja isegi 25 m, tehtud tavaliselt pingbetoonist ja sageli koorikstruktsioonis.

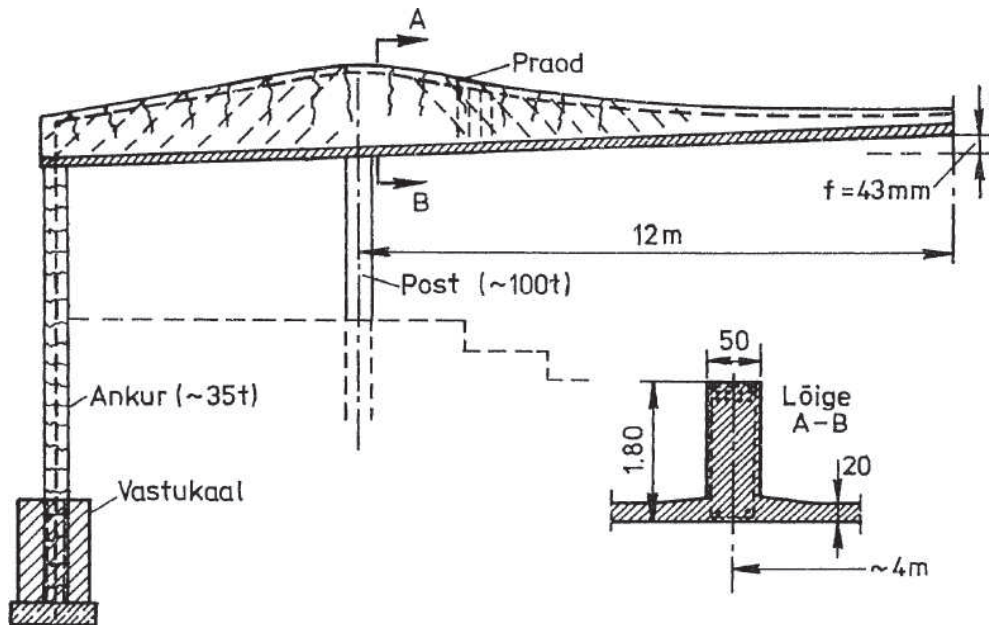


Kadrioru staadioni tribüüni projekt. Lõige varikatuse kohalt. Allikas: Tallinna Linnaplaneerimise Ameti arhiiv

putatsioon ehitusinseneride seas näitas mõningat õigustamatut tõusu. Kuid nüüd peab küll möönma, et arvutuse ja eksperimendi nii täpne kokkulangemine oli täiesti juhuslik. Tänapäeva vaatevinklist tegin läbipainde arvutusel rea vigu, millest peamised olid:

- 1) ma ei arvestanud konsoolis tingimata tekkivate pragude mõju (vt. joon. 5), mistõttu tegelikud läbipainded peavad olema märgatavalt suuremad; raudbetooni pragudest sel ajal juttu ei tehtud;
- 2) sabaankrus arvestasin vaid armatuuri tõmbejäikust, tegelikult on seal aga armatuur peidetud soliidsesse betooni. Kuigi ka sabaankru betoonis tekivad tingimata praod, töötab betoon pragude vahel kaasa ja ankrud tõmbejäikus osutub oluliselt suuremaks, oodatav konsoolitsa läbipaine – tubli kolmandik üldisest läbipaindest – osutub seejuures mõnevõrra väiksemaks.

Peamised vead minu arvutustes kompenseerivad üksteist oluliselt ja arvutatud läbipaine osutus juhuslikult õigeks.



Joonis 5

Selline mõne integraalse suuruse (siin konsooli otsa läbivajumi) mõõtmine on olulise tähtsusega ka tänapäeval. See näitab, kas oleme mõne keeruka konstruktsiooni projekteerimisel olnud üldiselt õigel teel. Olen tähele pannud, et nüüd ei tunne projekteerimisorganisatsioonid realiseeritud konstruktsioonide selliste mõõtmiste vastu huvi. Nii projekteeris "Eesti Projekt" Tartu maanteele kaupluse "Tulist" peasaali küllalt keeruka laekonstruktsiooniga, kus isegi vääändedeformatsioonid läksid käiku. Minu teada seal analoogilisi mõõtmisi ei tehtud.

Tollal võtsin otsustavalt osa paljude raudbetoonkonstruktsioonide projekteerimisest (näiteks Tartu "Vanemuise" teatri juurdeehitis, mis sõjas hävis, Pärnu Rannakohviku raamid ja tantsuseen,⁵ palju elamuid jne.).

⁵ Pärnu ehitised projekteerisin koostöös ins. Tarmo Randveega. Temaga oli koostöö ka mõnede teiste ehitiste projekteerimisel. Ta esines rohkem projekteerimistöde "ettevõtja" rollis, kuigi omas ka head konstruktiivset vaistu. Tal näis sel ajal olevat hea kontakt arhitektide ja ehitusettevõtjatega, mis ka mind mõnel juhul aitas.

1939. a. projekteerisin koostöös arh. Harald Armaniga (pärast sõda oli Arhitektuuri Valitsuse juhataja) esimese elamu gaasbetoonist (siis Rootsi patendi alusel "siporex"-iks nimetatud). Nelja- või viiekorruseline elamu asus praeguse Lenini puiestee rajoonis ja oli varustatud minu ettepaneku kohaselt igal korrusel laetalade all piki seinu kulgeva raudbetoonvööga. Viimati nägin seda hoonet päeval pärast Tallinna suurt pommitamist (09.03.1944). Selle ümber asunud puumajad olid kõik maha põlenud. Maja seisis seal kurvalt üksi, täis suuri vertikaalpragusid – kas oli hoone lähedal lõhkenud mõni pomm või olid need praod põhjustatud tulekahju kuumusest? Kuid ta seisis, nagu mulle näis, tänu raudbetoonvöödele, sest need paistsid olevat terved. Nüüd pole sellest elamust muidugi jälgegi järel.

Kõik siin kirjeldatud tööd said tehtud umbes 5 aasta kestel. Kuid juba siis liikusid mõtted edasi. Hakkasin mõtlema raudbetoonkoorikutest. Tegin prooviks isegi ühe ääretaladega silindrilise kooriku arvutusnäite. Tellisin välismaalt terasplekiribadest raamide komplekteerimise mudeli (ikka selleks, et mööda hiilida suure maatriksiga lineaarvõrrandisüsteemide lahendamisest).

Seadsin sisse fotoelastsusaparatuuri, millega demonstreerisin üliõpilastele konstruktsioonide tegelikku sisepingete mängu. See ettevõtmine oli siis paratamatult amatöörlik.

Heietasin mõtteid ka pingbetooni üle, kus eelpingestus toimuks vastu kivistunud betooni ennast (nüüd nn. II meetod). Mul ei olnud aimu, et Freyssinet oli seda meetodit juba siis Prantsusmaal mingil määral juurutanud (ma ei jälginud prantsuskeelset tehnilist kirjandust).

Sellega seoses paar sõna keelte suhtes. Olin koolis õppinud vaid saksa, ladina ja vanakreeka keelt. Seetõttu osutus mulle siis avatuks vaid Saksamaa, Austria ja eriti Šveitsi tehniline kirjandus. Viimasest jälgisin süstemaatiliselt ajakirja "Die Schweizerische Bauzeitung". Sealt lugesin suure huviga mitmeid prof. Leo Pasternaki artikleid raudbetoonkonstruktsioonide (siiski tugevusõpetusliku) staatika kohta, mis olid mulle kuidagi lähedased. Mulle oli suureks pettumuseks, kui need järsku 1938. aastal lakkasid. Siis aga 1948. a. avastasin prof. Lev Pasternaki Moskvas, Ehitusinseneride Instituudi professorina, kes oli Hitleri-hirmus 1938. a. emigreerinud NSV Liitu. Kui olime mõnda aega purssinud vene keelt, tegin talle ettepaneku rääkida hoopis saksa keelt. Ja siis tabas mind üks minu elu suurimaid üllatusi: ta oli möödunud kümne aasta jooksul unustanud saksa keele ja polnud korralikult ära õppinud ka vene keelt. Nii ei vullanud professor ühtki keelt täiuslikult. Ta oli haruldane nähe oma rahva seas – juudid on ju keelte alal erakordselt andekad.

Varem ilmunud: Staatikuna 1930. aastatel // Meenutusi meie ehitustegevusest ja muustki. Tallinn, 1990, lk. 58–74.

Mõningatest ehitustest Maarjamaal 1930ndatel aastatel

Järgnevalt kirjeldan rida ehitusi, mis olid 1930-ndatel aastatel kahtlemata eesrindlikud ja maailma tipptehnikatasele. Artikkel on ülevaatlik ja seepärast ei saa ma laskuda väga sügavale tehniliste detailideni. Pealegi on ta kirjutatud ka mõnevõrra teistel kui üksnes tehnilistel kaalutlustel, nagu see lõpus selgub.

Tähelepanelik lugeja märkab, et allpool ei tule juttu koorikutest, mida nimetatud ajavahemikul siin ei ehitatud, küll aga ehitati neid Tallinnas 1913.–1916. a. ja Lääne-Euroopas hulgaliselt ka 1930ndatel aastatel. Tahan veel märkida, et eestlasest insener Kaalep ehitas enne Esimest maailmasõda Riias suure puitkupli, mis aga nüüd on hävinud.

Türi raadiomast

Vantideta terasest mast, tugitatud raudbetoonist vundamentidele, võrdkülgse kolmnurkse põhiplaani oli 100 meetrit kõrge. Kolmnurga tippudes asetsesid postid, mis olid komplekteeritud ümarvarrastest, all suurema ja ülal väiksema läbimõõduga. Kaugus oli all (vist) 12 m, mis kahanes üleval (jälgides ligikaudu Oleviste kiriku gootiliku tornikiivri profiili) nulliks. Mast oli varustatud saledatest nurkterastest komplekteeritud sidemete võrguga. Mööda masti sai üles ronida vaid ühes kolmnurga tipus asetseva redeli abil. Kui oletada, et iga torniposti elemendi pikkus oli ca 10 meetrit, siis üldine elementide arv võis olla 30. Masti elemendid ühendati omavahel tervikuks täpsete poltide abil.

Kõik masti elemendid toodi kohale Inglismaalt laevaga. Kuid viimane sattus tormi kätte, mistõttu osa torni elemente sai vigastada. Firma viis sõna lausumata kogu masti Inglismaale tagasi ja tõi kohale täiesti uue. Nii tuleb toimida kaubandussuhetes!

Kui mast oli monteeritud, ja kuigi inglise firma andis täieliku garantii selle töökindlusele, tehti siiski professor O. Maddisonile ülesandeks masti kõigiti kontrollida.

Sellele tööle rakendati insener Evald Vaino ja mind. Kõigepealt pidime masti üle vaatama kohapeal, kontrollima polte, tegema pistelisi kontrole jne.

Sõitsime autoga Tallinnast Türi suunas. Veel 20 kilomeetri kaugusel Türist ei näinud me mingisugust masti, kuigi ta oleks pidanud ammu nähtav olema! Sõitnud veel umbkaudu 10 kilomeetrit, märkasime teda järsku peaaegu kogu pikkuses enda ees – masti ažuursus oli teda meie pilkude eest peitnud.

Alustasime vaatlusi: kõigepealt tõusime mööda redelit I korrusele (10 m maapinnast). Üks meist läks kolmnurga teise, teine kolmandasse tippu mööda võrdlemisi kitsaid nurkerastest horisontaalsidemeid. Ka nendes sõlmedes näis olevat kõik korras. Siis vaatasime kõhklevalt ja murelikult teineteisele otsa – polnud ju meist kumbki eriti hea peaga kõrguse suhtes. Vaatasime üles – 90 meetrit veel minna, umbes 200 meetrit ronida mööda horisontaalsidemeid, ja seda kõike ilma turvavööta. Kuid veel kord ülespoole vaadates märkasime, et Jumal oli meile abi saanud – lähenemas oli must ähvardav äikesepilv. Tulime suure kiiruga mastilt alla, sest äikese ajal pole soovitatav terasmastiga tegelda. Istusime autosse ja algas meie katabasis (nagu ütles Xenophon), sest sõitsime Tallinna tagasi peaaegu täitmata ülesandega.

Kuid seal ootas meid tõsine töö: arvutuste kontroll (kõik puha naeltes, tollides ja jalgades). Arvutus oli tehtud väga ülevaatlikult – sinisel kopeerpaberil kõrgusega rohkem kui 2 meetrit; vasakul pool oli joonestatud kogu mast (nähtavasti 1:50). Iga korruse sõlme juures oli samal joonisel arvutatud kõik vajalikud sisejõud ja pinged omakaalust ning tuulekoormusest. Arvutus algas muidugi ülalt. Kuid oma suureks ehmatuses avastasime ülalt umbes 1/3 masti kõrgusel võetud lõikes arvutustes komavea. Kui läksime kontrolliga veel paar korrust allapoole, siis leidsime veel ühe komavea, mis aga eelmise peaaegu kompenseeris. Olime täielikus arusaamatuses!

Muidugi, kui nendele arvutustele vaadata tänapäevapilguga, siis seal puudusid: 1) nõtkete kaalutlused; 2) tuule käes deformeerunud masti omakaalu nihkumine horisontaalsuunas (mittelineaarne ülesanne); 3) dünaamikategur, mis arvestaks masti omavõnkesageduse ja tuulehoo-sageduste kokkulangevust või erinevust.

Kuid hoolimata nendest märkustest mast püsis. Tema hävitasid sõja ajal vapralt taganevad sõjamehed, kes on ikka valmis hävitama maste, torne ja sildu. Kui palju olen ma pärast sõda näinud neid purustatuna mingi küsitava tühise ja ajutise strateegilise eelise nimel. Nähtavasti tuleks sõlmida mingi rahvusvaheline konventsioon, mis keelustaks sõja ajal selliste ehitiste hävitamise, nagu on keelustatud ka sõjavangide tapmine (kuigi sõdivad pooled sellest Teises maailmasõjas kinni ei pidanud).

Pärnu Suursilla kessoonid

Nagu teada, on Pärnus väga rasked vundeerimistingimused – kuni 15 meetri paksune peaaegu vedela savi kiht, mis põhjustab ehitistel suuri vajumeid ja pragude tekkimist.¹

Kui 30ndatel aastatel asuti Pärnu raudbetoonist silda ehitama, siis valis ehitusettevõtja (Taani firma) sillasammaste rajamisel kessoonmenetluse. Jõe põhja lasti võimsad raudbetoonist alt lahtised kastid – kessoonid, mis võimaldasid läbida savi-kihi ja rajada silla sambad tugevamale pinnasele – soliidsele moreenile. Kessooni tööruumi põhi on Pärnu jõe veepinnast allpool 20–25 meetrit. Et vesi ei saaks kessooni põhjast tööruumi tungida, tuleb vee altrõhk 250 kN/m² tasakaalustada õhurõhuga, s.o. 2,5 atm-ga. See rõhk on ka peaaegu selle meetodi piir. Inimene võib niisugustes erakordsetes tingimustes töötada vaid paar tundi päevas. Rohkem kui tund kulub kessooni minekuks ja enam kui 2 tundi jälle normaalse õhurõhu juurde pöördumiseks spetsiaalses lüüsis. Inimene on nii konstrueeritud, et ta talub ilma tervisehäireteta kergemini minekut kõrgema õhurõhu keskkonda kui ümberpöörduvalt (kessoontöbil!).

Kessoonid on kasutusel olnud ligi poolteist sajandit, kuigi põhiidee näib tuntud olevat ka vanaajal. Töö kessoonis on tervete ja tugevate meeste jaoks, kuigi tänapäeva naine on käinud kosmoses ja jookseb maratoni. Taanlased kasutasid kessoonides peamiselt kohalikke töömehi. Kui all ära käia, siis hindad kahtlustavalt sind ümbritsevaid raudbetoonseinu ja tunned tungi – võimalikult ruttu välja siit "pörgukatlast". Kuid oh häda – kaks tundi ja rohkemgi tuleb istuda veel lüüsis.

Tahan siinkohal märkida, et üliõpilasena oli Pärnu Suursilla ehitamisel pikemat aega tegev insener Artur Pärna (lõpetas tehnikaülikooli 1941. a. kiitusega). Ta hukkus sõjas (blindaaži tulekahju!).

Üldiselt valitseb arvamus, et sild on optimaalselt projekteeritud, kui silla sammaste maksumus võrdub silla muude osade maksumusega. See reegel ei näi siiski kehtivat Pärnu Suursilla puhul, sest kessoonid läksid oluliselt rohkem maksma kui kõik ülejäänud.

Kui sõja ajal Pärnu Suursild lõhati, siis purustati üksnes avaehitised ja kessoonid jäid alles. Nüüdne terrassild on juba kolmas sõidutee-komplekt nendel samadel sillasammastel. Kuid tõenäoliselt ei jää ta viimaseks, sest terasel on omadus roostetada. Nii et kaugemas tulevikus saab seal jälle olema raudbetoonist sõidutee, seekord arvatavasti taripingbetoonist nagu Pirital. Vundamendid ilmselt taluvad seda koormuse suurendamist.

¹ Tavaliselt vundeeritud Pärnu "Endla" teater kannatab ikka veel pragude avanemise all, hoolimata sellest, et tema ehitamisest on möödunud kolmkümmend aastat.



Pärnu Suursilla (projekteerija Højgaard&Schultz, 1936-1938) ehitus. Allikas: Heinrich Laulu arhiiv

Kunda tsemendisilo

30ndatel aastatel ehitas üks Rootsi firma Kunda tsemenditehasesse 18-meetrise läbimõõduga üksiku tsemendisilo-tasku. Kasutati meil esmakordselt uudsust – libisevat raketist (mis aga USA-s oli siis juba 10 aastat kasutusel). Kogu perimeetrile pandi iga kahe meetri tagant betooni sisse püsti jämedad ümarraudad, nn. ronirauad. Neid mööda tõsteti raketist (näiteks 3 meetrit päevas) tungraudadega. Ma tahtsin ühte tungrauda fotografeerida, kuid firma esindaja keelas mul seda teha. Kui aga koju tagasi jõudsin, joonestasin selle tungraua siiski mälu järgi täpselt välja. Meetodil oli muude puuduste kõrval ka üks oluline: raketise tõstmine toimus ikkagi üksnes inimjõu abil, s.o. tegelikult mehhaniseerimist ei olnud. Kui arvestada, et igas sõlmes oli raketise kaal (koos tema hõõrdega betoonil) umbes 2 tonni, siis oli inimese päevane mehaaniline töö ühes sõlmes vaid 6 tfm. See on siiski 10-20 korda väiksem kui töölisel, kes kandis "kitsega" päev läbi telliskive hoonete ehitusel. Pärast sõda on mehhaniseerimine ikkagi aset leidnud – võeti kasutusele miniatuursed hüdraulilised ja isegi sammuvad tungrauad (ka Kunda silode ehitamisel 50ndatel aastatel).

Tsemendisilodesse satub tsement kõrgel temperatuuril (üle 100°C), mis kutsub esile olulisi lisaesijõude silo seinas. Ma jälgisin tollal Kundas silo seina armatuuri ja leidsin hiljem kodus, et projekteerijad olid kasutanud oma arvutustes nn. Mörschi teooriat. Nõukogude Liidus on vastavad normid aetud väga keeruliseks. Mulle tundub, et siis, 50 aastat tagasi kasutusel olnud lihtne arvutusmeetod on küllalt hea. Seda näitavad rahuldavad kogemused Kunda siloga.

Keevitatud armatuurvõrgud

1939. aastal ilmusid Tallinna mõnede Saksa firmade esindajad keevitatud armatuurvõrkude näidistega, et siin tellimusi vastu võtta. Võrgud olid valmistatud nagu tänapäevalgi punktkeevitamise abil. Millist klassi terastraati kasutati, selle kohta ei osanud reklaamijad midagi ütelda (väga võimalik, et tänapäeva klass A-I), kuid minu teada 1930ndatel aastatel ühtegi sarnast armatuurvõrku veel ei paigaldatud. Saabusid uued ajad.

Kuigi 1930ndate aastate ehitustegevuses oli ka meiepoolseid silmapaistvaid saavutusi, olen siin siiski meelega kirjeldanud vaid välisfirmade tegevust eesrindliku tehnika juurutamisel. Seda abi ei antud meile "ilusate silmade" pärast, vaid üksnes kõva raha eest. Kui arvestada, et nendel aastatel oli valuutat vaja veel traktoriühistute, transpordi, suhkru ja paljude muude asjade jaoks, siis seda kulus suurel hulgal väikese riigi jaoks. Laulusalm ütleb "ei hõbedat, kulda ei leidu me maal..." (hiljem

küll leiti uraani, nüüd enam mitte). Peamiselt saadi raha või (Eesti võid hindas rahvusvaheline turg sel ajal eriti kõrgekvaliteetseks) ja peekoni eest, mida veeti kümneid tuhandeid tonne Lääne-Euroopasse. Need kaalutlused annavad meile suuri lootusi IME realiseerimisel. Enne tuleb aga puhastada hulgaliselt Augeiase talle ja lahti harutada või läbi raiuda suur hulk Gordioni sõlmi.

Varem ilmunud: Mõningatest ehitistest Maarjamaal // Meenutusi meie ehitustegevusest ja muustki. Tallinn, 1990, lk. 52–57.

Üks ööpäev Narvas

Vist 1948. a. veebruaris (külma oli 20°C) sõitsin Leningradi rongiga Narva. Olime saanud Kreenholmi Manufaktuurist kolm kutset – telegrammi palvega tulla kiiresti abiks, sest üks sild nende territooriumil olevat avariiolukorras. Olgu kohe märgitud, et tegelikult polnud seal mingit silda avariiolukorras, vaid üks sild oli juba enne esimese telegrammi väljasaatmist sisse kukkunud. Spetsialisti vajati vaid purunemisaktile allakirjutamiseks.

Rong jõudis sügavas öös Narva. Vaatamata meie hoiatustelegrammile polnud jaamas kedagi vastas. Mingisugusest hotellitoast polnud juttugi. Niisiis vantsisin pime-das veebruariöös Narva jaamast mulle tundmatu Kreenholmi poole, kus mind väljakutsetelegrammi esitamisel siiski paigutati ülejäänud ööseks ühele diivanile magama.

Hommikul keegi minu vastu huvi ei tundnud. Alles kella 11 paiku ilmus tööle kapitaalehituse osakonna juhataja. Siis viidi mind avariikohale. Tegemist oli jõe vasakult kaldalt Georgi saarele viiva jalakäijate sillaga, mis asetses kunstlikul kanalil. Selle laius oli 30 m (nagu silla avagi) ja sügavus 10–12 m. Narva jõe kosk oli kohe silla juures, võib-olla 10 m kaugusel; selle kohal sillerdas päikeses pidev veepiiskade pilv. Oli vee-vaene periood, ja kanal veest peaaegu tühi, tema põhjas selgelt näha silla rusud. Tundsin jalamaid ära, et tegemist oli tüüpilise puidust ja terasest kombineeritud sillaga (nn. Howe' sõrestikuga), mis leidis ulatuslikku kasutamist ajutiste sildade ehitamisel (näiteks ka esimese sõjajärgse Pärnu silla puhul). Sõrestik oli paralleelvöödega kandur sildega 30 m, kusjuures ülemine surutud vöö oli puidust, samuti ka surutud diagonaalid; alumine tõmbevöö ja tõmmatud võrguvarvad aga terasest. Mulle oli see konstruktsioon hästi tuntud kõigi oma hüvede ja puudustega.

Põhiline küsimus oli muidugi, miks sild purunes, pealegi justkui koormuseta, sest ohvritest polnud juttu.

Kapitaalehituse osakonna arvates pidid silla puitosad olema pehkinud, kuid minu kogemused rääkisid sellele vastu. Keeldusin kategooriliselt igasugusele aktile alla

kirjutamast enne, kui silla purunemise põhjus pole mulle rahuldavalt selge. Nõudsin, et mulle antaks võimalus tutvuda lähemalt silla rusudega all kanali põhjas. Selleks sidus tehase tuletõrje mulle vöö ümber ja mind riputati silla rusude juurde, kus avastasin, et nii silla puit- kui ka terasosad olid heas olukorras. Seetõttu jäi silla purunemise põhjus mõistatuseks.

Siis tuli mul asuda Sherlock Holmes'i rolli. Küsitlesin kümneid inimesi tehase territooriumil. Pean ütleva, et saavutasin edu. Üks mees kõneles, et tema oli silla purunemist näinud: märganud, et sild murdus keskelt terava heliefekti saatel – niisiis ikkagi paindepurunemine: tõmbevöö teras pidi saavutama voolavuspiiri. Üks vana naine andis mulle hoopis olulisemat informatsiooni. Tema väitis, et alates detsembri keskpaigast muutus silla käsipuu ikka madalamaks ja madalamaks, kuni peaaegu kadus. Seal siis ilmutas end äkki probleemi lahendus. Ilus sillerdav veepiiskade pilv kose kohal ja tema lähemas ümbruses tõi pidevalt sillale vett, mis seal jalamaid külmas. Silla käsipuu kõrgus oli vähemalt 1 m, seega oli tekkiv jääkiht kasvanud kahe kuu kestel ühe meetri paksuseks. Lihtne arvutus näitas, et täiendav koormus ca 30 kN/m, seega kogu sillale ca 1000 kN, osutus täiesti küllaldaseks, et põhjustada varingut. Tekib tõsine küsimus, miks mitte keegi insener-tehnilisest personalist seda kestvat ähvardust ei märganud.

Seejärel kaotas Kreenholmi Manufaktuuri minu vastu huvi. Läksin kolm tundi varem Narva jaama, et mitte maha jääda Leningrad-Tallinna rongist. Nende kolme öötunni kestel nägin seal tihedasti rahvastatud ooteruumides, et Narva, üks ilusamaid ja huvitavamaid linnu, polnud üksnes sõjategevuses kõige rohkem füüsiliselt purustatud, vaid ka moraalselt laostunud. Näis, et kõik mu ümber olid täiesti purjus. Sulg keeldub kirjeldamast neid stseene, mida nägin kolme öötunni kestel, sõda, mis olid sa teinud inimestega!

Varem ilmunud: Üks ööpäev Narvas // Ehitus ja Arhitektuur (1986) 1, lk. 70.

Mina ja kirik

Ma pean tunnistama, et olen üldiselt ateist, võib-olla mingit sorti vulgaarne ateist (nagu ma olen kandnud "aunimetust" vulgaarne materialist need nelikümmend aastat). Kuid olen 10-15 aasta jooksul enne sõda ja ka 10–15 aasta jooksul pärast sõda üsna sageli kirikutes käinud.

Enne sõda käisin kirikutes, olgu see kohe öeldud, mitte usulistel kaalutlustel, vaid hoopis muusikat kuulamas. Olin võlutud vene õigeusu kirikutes kõlavast vokaalmuusikast. Siis, mu klassikalise gümnaasiumihariduse kohaselt, seisis mulle lähedal mõte, et kirikumuusikas võib leiduda sugemeid antiikkreeka tragöödiate vokaalsest saatemuusikast. Praegu ma muidugi sel teemal mingitesse vaidlustesse ajaloolastega või muusikateadlastega ei lasku. Minu võib-olla naiivsed kaalutlused tol ajal, üle 50 aasta tagasi, mõjutasid üksnes mind ennast.

Kuid ma käisin sageli ka protestantlikes kirikutes. Tallinna kirikutes olid head orelid ja tublid organistid. Viimased pidasid oma kohuseks kaunistada jumalateenistusi vahete-vahel ka hea orelimuusikaga. Nii kuulasin ma sageli kirikus J. S. Bachi koraaliprelüüde.

Pärast sõda olen samuti viibinud kirikutes palju kordi, kuid ehitusinsenerina sõjas tekkinud haavade parandamisel ja muude ehitusprobleemide lahendamisel. Nendest paljudest lugudest esitan vaid kolm.

Toompea katedraal

Kohe pärast Tallinna vabastamist saksa okupantidest kutsuti mind Toompea katedraali. Seal ootasid mind vene õigeusu metropoliit (siin võin ka eksida, sest ma ei tunne kiriklikke ametinimetusid) ja üks noorem mees, vist preester. Metropoliit oli suurt kasvu, uhkes kiriklikus riietuses ja minust vähemalt kaks korda raskem (kaalusin siis vaid 65 kilo). Ta oskas kogu aeg võtta niisuguse poosi, et seisis seljaga minu poole ja kõneles minuga üle õla. Tuleb tunnistada, et tema maneer mind mõnevõrra pahandas. Sirutanud käe välja, viitas ta üleval peakuplis olevale umbes 1,2 m läbimõõduga augule, mis asetses katedraali Pika jala poolisel küljel. Ilmselt

kahurimürsust põhjustatud august paistis läbi helesinine taevas. Metropoliit küsis minult, kas kuppel jääb püsima. Olin veidi pahane, nagu juba märkisin, ega tea, missugune saatan pani mu keelele vastuse: "Kui Jumal tahab, siia kuppel jääb püsima." Metropoliit lahkus jalamaid katedraalist ega rääkinud minuga enam sõnagi. Tunnistan, et selle sündmuse pärast on südametunnistus mind vahetevahel vaevanud.

Noor preester jäi kohale. Temaga arutasime üksikasjalikult kupli lappimise probleeme. Kohalikult tellingult betoneeriti topeltraketises raudbetoonist lapp, mis võimalike põikjõudude ülekandmiseks seoti auku ümbritseva terve kupliosaga jämedamate teraspulkade abil. Ehkki olin selleks ajaks juba tegelnud mõningate koorikuprobleemidega, tundus mulle, et järjekordselt pean minema mõistlikule riskile (milleks olin nooruses alati valmis).

Selle kupliga seoses tekkisid mul järgmised kaalutlused: esiteks polnud kuppel ju varisenud ja teiseks ei võinud lappimine teha olukorda halvemaks. Kuid fakt, et kuppel polnud varisenud, ei olnud mulle siis kuigi veenev argument: võib-olla kupli lokaalne või koguni üldine varutegur oli augu tõttu langenud. Mul polnud aga tollal mingeid vahendeid selle kindlakstegemiseks, sest telliskividest kuplite (edaspidi nimetame kivikuplid) teooria oli välja töötamata. Inimesed olid rohkem kui tuhande aasta kestel (6. kuni 19. sajandini) ehitanud lugematu arvu kivikupleid nii kristlikes kui ka islamimaades, kasutades üksnes intuitsiooni ja varasemaid kogemusi. Kirjanduses vilksatavad ka üksikud vihjed mudel-katsetele, kuid nende tulemuste interpreteerimine reaalsest kivikuplite jaoks polnud ilma teooriata võimalik.

Kivikuplite ehitamisel varasematel aegadel pidi keerukas olema ka raketise probleem. Nii on teada, et mogulite šahh Janan käskis Taj Mahali ehitamisel kogu peakupli-aluse ruumi täita tellistega. Kui kuppel valmis sai, lubas ta ümberkaudsetel inimestel selle hiigelhulga telliseid tasuta ära viia. "Raketis" kadus kupli alt üllatavalt kiiresti – eraalgatus!

Siin tuleb märkida, et muidugi on teadmata, kui palju kivikupleid sisse kukkus nende ehitamise ajal ja kui palju ehitusmeistreid seepärast üles poodi. 20. sajandil, kui ulatuslikult arenes õhukeseseinaliste konstruktsioonide (koorikute) teooria, ei ehitanud keegi enam telliskividest, vaid üksnes raudbetoonist, terasest või puidust kupleid. Seetõttu muutusid uuringud kivikuplite teoorias ebaaktuaalseks ja eba populaarseks.¹

¹ Mul on andmeid, et usbeki ehitajad tegelevad kivikuplite teooriaga vajadusest neid remontida. Kuid ka nemad pole jõudnud kaugemale. 1978. a. Samarkandis viibides avastasin seal kaks kivikuplit (püstitatud 11.-12. sajandil), mis olid raskes avariiolekorras (pealegi on ju Samarkand maavärinate rajoonis).

Seetõttu pean tegema kurioosse märkuse – ka praegu, 44 aastat hiljem pole ma võimeline teisi ja rohkem põhjendatud mõttekäike arendama kuplis esineva augu mõju hindamisel, kuigi vahepealsetel aastatel olen palju tegelnud koorikonstruktsioonide teooria ja praktikaga. Kuid, teisest küljest, minu iga arvestades ei läheks ma enam nii kergelt ka mõistlikule riskile. Ma ei tea, mis ma nüüd ette võtaksin!

Tallinna Toomkirik

40ndate aastate lõpul kutsuti meid² Toomkirikusse.

Seal kurdeti, et kiriku põhjapoolne apsiidisein vajub, sest selle läheduses asetseva kumera võlvi osades olevat tekkinud praod. Otsustasime uurida kiriku vundamente, kuid igaks juhuks panime pragudele klaasriba-majakad peale, et selgitada pragude käitumist. Kuna Toomkiriku põrand, nagu teada, asetseb madalamal kui kirikut ümbritsevad tänavad, siis otsustasime kiriku vundamentideni murda seestpoolt. Kui tõstisime üles ühe seinäärse raske paest põrandaplaadi,³ selgus, et olime ära tõstnud lae ühelt hauakambri. Laskusime mööda miniatuurset keerdtreppi hauakambri põrandale ja nägime kahte pliikirstu. Kuid nägime ka kohe, et hauakamber oli rüüstatud – kirstude kaaned olid barbaarselt purustatud. *Sic transit gloria mundi* – mida võiks vabalt eesti keelde tõlkida – kõik siin ilmas on tühi töö ja vaimu närimine. Ülikute abielupaar oli peidetud raske paeplaadi alla pliikirstudesse ja antud Jumala enda hoole alla kirikusse. Kuid ikkagi nad rüüstati! Ma seisin mõned sekundid mõtetes nende kirstude ees. Abielupaar ei sure koos. Tavaliselt mees sureb varem, sest naine on abielludes noorem ja surres mehest keskelt läbi kümme aastat vanem. Niisiis, kui aadliprouat maeti, oli mehe kirst veel terve.

Kuid arvatavasti seisis siis rüüstaja leinajate seas, vaga ja kurva näoga, kuid oma mustas südames hindas oodatava saagi suurust. Hauakambrite rüüstamine on olnud inimkonna kultuuri truu saatja juba Vana-Egiptuse ajast saadik. Mingi võitlus selle vastu pole aidanud. Ainukene vahend – ei tule meie kallile lahkunule midagi väärtuslikku kaasa anda, isegi kuldhambad tuleb ära võtta.

Väljusime vaikselt hauakambrist, panime paeplaadi tagasi. Sealt läbi murda vundamendini oleks tähendanud hauakambri täielikku purustamist. Otsustasime siis väljast jõuda vundamendini, selleks kaevasime seinäärde, kahe tugipiilari vahele akna alla šurfi 2x2 m. Teatud sügavusel hakkas šurfist tulema hulgaliselt inimesi:

² Kes need "meie" olime, ei mäleta. Arvatavasti Arhitektuuri Valitsuse projekteerimistöökoha, "Eesti Projekti" eelkäija insenerid.

³ Minu mälus olid need põrandaplaadid graniidist, kuid Villem Raam juhtis mu tähelepanu faktile, et need olid siiski paeplaadid.

ka kiriku ümbrust oli kasutatud matusepaigana, kuid muidugi teise kategooria kodanike jaoks. Luudega pinnasekiht oli võib-olla 2,5–3 m paks, kuid puusärkidest polnud midagi säilinud.

Kui vundamenditald juba paistma hakkas, ulatas üks tööline labida varre otsas mulle pealuu. Seisin šurfi serval, pealuu käes ja pean tunnistama, et Hamleti mõtted polnud minust väga kaugel. Sain aru, et hoidsin peos noore naise pealuu, kuid see naine suri vähemalt 300 aastat tagasi. Tal olid kõik hambad niikui pärlid suus. Ja pealael – seda ei usu vist keegi – oli paks helekollane juuksetukk.⁴

Tõmbasin kiriku seinale ühe vertikaal- ja ühe horisontaaljoone, et hiljem šurfi täitmisel see pealuu mõne sentimeetri täpsusega tagasi tema endisesse asukohta paigutada. See oli muidugi sentimentaalsus, sest tema ülejäänud luud olid lootusetult teiste omadega segi paisatud. Kuid ma tundsin jälle kontakti mineviku inimesega.

Leidsime, et seina vundamendiga oli siiski kõik enam-vähem korras. Ka näitasid pragude majakad, et pragude edasist avanemist ei esinenud (praod olid nii-öelda "surnud"). Meil tekkis idee, et kiriku võlvid olid kunagi varem üle koormatud. On üldiselt teada, et endistel aegadel (eriti sõjaajal) kasutati kirikutes võlvidepealset ruumi viljasalvena. (Tõepoolest, kui tõstsime pilgu ülespoole, nägime nn. vintspalki, mille abil oli vilja üles tõstetud). Seejuures võis võlvi koormus kergesti kahekordistuda. Nii võisid võlvidesse tekkida praod kunagi minevikus, nagu ka neid kandvatesse tugipiilaritesse (seal esinevad praod on tänapäevalgi näha).

Otsustasime siis, et viie aasta möödudes pöördume uuesti selle probleemi juurde tagasi. Kuid 1952. aastal asutati Arhitektuuri Valitsuse juurde spetsiaalne restaupeerimisorgan, kes võttis kõik edaspidised mured enda kanda, ja mina jäin sellest probleemist kõrvale.

Põltsamaa kirik

Ma mõtlesin alul panna sellele loole pealkirja "Üks mees taastas tähtsa arhitektuuri-mälestusmärgi", kuid loobusin sellest, sest eelmised lood on seotud rohkem geograafiliste nimedega.

Peamine jutt tuleb Põltsamaa kiriku õpetajast Herbert Kuurmest, minu klassikalise gümnaasiumi aegsest koolivennast, kes peaaegu ainuisikuliselt taastas sõjas hävinud Põltsamaa kiriku, tähtsa arhitektuuri-mälestusehitise.⁵ Ta juhtis ja organiseeris

⁴ Villem Raam väidab, et ka tema on näinud üht aastasadu vana juustega pealuu.

⁵ Põltsamaa kirik ehitati ühest Põltsamaa kindlustuste kaitsetornist 1632–1633, hävis Põhjasõjas (1703–1707), ehitati uuesti üles 1751. a., Teise maailmasõja päevil (1941–1945) hävis veel üks kord.

taastamistöid, kuid oli ka igal pool oma kätega töö kallal, nii et üksvahe omandasid need päris töömeheliku kareduse.

Herbert Kuurmel tuli ületada kõiksugu raskusi – küll finantsilisi, küll ehitusmaterjalide ja projektdokumentatsiooni hankimisel. Ta käis ka minu juures abi otsimas ja ma tegin, mis võisin (kuigi üksvahe kirikute abistamine ei kuulunud hea tooni hulka). Imetlesin tema energiat ja avaldasin talle arvamust, et õieti peaks ta asuma partei rajoonikomitee esimese sekretäri kohale.

Algul oli tal ka suuri ideoloogilisi raskusi, sest rajoonis leidis inimesi, kes nurisesid, et kolhooside tugevdamise asemel raisatakse ressursse vana kiriku varemetes. Kui ligikaudu pool kirikut oli taastatud nii-öelda partistani kombel, ärkasid ka meie ametiasutused ja märkasid, et tegemist on siiski tähtsa ajaloolise objektiga. Riik võttis enda kanda osa taastamiskuludest. Kadusid kõiksugu halvad jutud ja ilmus abi ehitusmaterjalide näol.

Siis võlus ta kirikusse endise Tartu Ülikooli kiriku oreli.

TPI aitas algusest peale mitteametlikult kaasa. Nii koostati ehituskonstruksioonide kateedris kiriku torni kiivri projekt (peamiselt dotsent L. Allikas ja arhitekt O. Puuraid) täiesti ühiskondlikus korras. Tehti muudki.

Ühel päeval ilmus koolivend H. Kuurme minu juurde imeliku sooviga. Kirik oli juba taastatud, kuid ta soovis altari kohale raudbetoonist kuplit. Kuppel pidi olema umbes 15 m avaga, mis on kuplite puhul üsna tagasihoidlik suurus. Asusin kuplit projekteerima tema juuresolekul. Ta küsis mureliku näoga, kui paks peaks koorik olema. Ma vastasin: "4–5 cm." Tema arvates oli see liiga õhuke, tema betoneerijad polevat väga suured spetsid. Ütlesin, et paksus võiks siis olla 8 cm. Olgu märgitud, et kupli juurde kuulub tähtis element: äärelige-tõmberõngas, mis neelab tavaliselt 80% kogu kupli terasarmatuurist.

Paar aastat hiljem Põltsamaale sattudes vaatlesin seda hästi tehtud kuplit ja küsisin koolivenna käest: "Ütle nüüd ausalt, kui paksu sa selle kupli lõpuks tegid?" Ta vastas veidi kõheldes: "15 sentimeetrit." Siis ütlesin: "Kui sa ei usalda spetsi, siis ei usu ka jumalat. Sa oled teinud kupli kaks korda raskemaks ja seetõttu on tõmberõngas asetsev terasarmatuur peaaegu kahekordselt ülepingestatud. Tegelikult on su kuppel avariolukorras." Seepeale muutus ta murelikuks. Mul oli aga võimalik teda trööstida: "Nägin ette, et midagi taolist võib siin juhtuda ja seepärast soolasin sinu teadmata äärelikke-tõmbevöö armatuuri üle, nii et tegelikult pole su kuppel avariolukorras minu sulitembu tõttu." Püüdlik praost jäi vahele raudbetoonkooriku teoorias, kuid sama lugu oleks võinud juhtuda ka mõne ehitusinseneriga.

Koolivenna elu pole olnud kerge. Kirikuõpetajana on tal palju tegemist – matnud rohkem kui 5000 põltsamaalast, lisaks kiriku taastamisele ehitanud kiriku juurde

väiksema kahekorruselise hotellitüüpi hoone, peab korras kiriku finantse ja bürookraatiat (millest otsib vahetevahel tuge ka kohalik perekonnaseisusamet), korraldab kirikumuusikat (abikaasa on organist ja laulukoori juht), peab silma peal naabruses taastataval ordulossil, täidab ülesandeid konsistooriumis ja õppejõuna vastavas koolis Tallinnas (kui ma ei eksi, on tal dotsendi kutse), aktiivselt tegev uue eestikeelse piibli väljaandmisel ja tihe koostöö Soome ja Saksa DV kolleegidega,⁶ muidugi üles kasvatanud lapsed, igal kevadel paneb aga maha kartulid ja "nopib" need üles septembris. Elu täis aktsepteeritud vastutust!

Kui esmakordselt kohtusime, oli tema 14-, mina 15-aastane. Mõlemad kandsime siis "kukepükse". Ta oli koolis vaikne poiss, kes naeratas heatahtlikult teiste poiste rumaluste ja vempude puhul ning kes iial ei tõstnud häält. Keegi ei võinud siis arvata, et ta sisaldab säärast energiatulva. Nüüd läheneme mõlemad 80. sünnipäevale. Mida võtab ta veel ette teha?

Lõpuks tahan avaldada tänu kunstiajaloolasele Villem Raamile, kes käesoleva artikli koostamisel osutas mulle olulist abi.

Varem ilmunud: Mina ja kirik // Meenutusi meie ehitustegevusest ja muustki. Tallinn, 1990, lk. 44–51.

⁶ Igas kultuurkeeles, mille hulka kuulub kahtlemata ka eesti keel (mida rohkem tutvun võõrkeeltega, seda suuremaks kasvab mu imetus eesti keele suhtes), peab olema ka korralik piibli tõlge. Meie piibli 1938. a. väljaanne on kujunenud rariteediks, on keeleliselt liialt arhailine ning heebrea ja aramea keelest eesti keelde tõlkimisel on tekkinud ebatäpsusi.

Mõningaid märkusi Tallinna ehituspinnase, Oleviste kiriku, laululava ja elektrijaama kohta

Tallinna ehituspinnas on küllalt komplitseeritud ja igasugused üllatused on siin võimalikud.

Üks põhiline pinnas on nn. möll, küll nõrgakene veega küllastunud tolmlüvi, kuid ikkagi usaldusväärne ja püsivate omadustega. Suurte koormuste puhul esineb möllile rajatud ehitisel ka suuri paigutusi, kuid neid on võimalik konstruktiivselt arvesse võtta. Nii näiteks ehitati "Estonia" rekonstrueerimisel pärast sõda kontserdisaali ja lavakasti otstesse rasked lisakorpused, kuid tehti seda vajumisvuukidega ja eeltõusuga ca 12 cm. Kõik on korras! Edukalt on püstitatud teisigi raskeid ehitisi nimetatud pinnasele siis, kui polnud veel võimalik kasutada raudbetoonvau. Kuid nüüd jääb vahel küll mulje, et kasutatakse liiga sageli raudbetoonvau ka seal, kus piisaks tavalisest lintvundamendist – nähtavasti rahuldatakse sellega mingisuguseid ehitusettevõtete majanduslikke nõudeid.

Tallinnas esineb ehitajatele kättesaadavas sügavuses ka ulatuslikke liivakivisaari, mis olid ehitusmeistritele tuntud nähtavasti juba keskajal.

Nii on Oleviste ja Niguliste kirik, hilisemast ajast ka Kaarli kirik, ehitatud aluspõhjaliselt kambriumi liivakivile. See liivakivi pole küll eriti kvaliteetne ja tema paksuski pole kõikjal kuigi suur – Toompea kõrgendikult eemaldudes väheneb see kiiresti. Kui Niguliste kiriku all on selle kihi paksus 17–18 m, siis näiteks Pikka tänavat mööda mere poole liikudes jääb Oleviste kiriku alla liivakivi ligikaudu 10 m. Kui oletada, et Oleviste kiriku torni vundament on liivakivisse lõigatud 2 m, siis on järelejäänud liivakivikiht (8 m) täiesti küllaldane, et kanda torni massiga näiteks 10 000 tonni.

Pika tänavala lõpus trammipeatuse juures on liivakivikihi paksus veel 4–5 m, endise Tallinna elektrijaama all aga üksnes 1–1,5 m. Liivakivi all lasub nõrgem pinnas, nn sinisavi – kõrgusmärgiga 0,0 m.



Heinrich Laul illustreerimas loengut näitega Tallinna Elektriijaama turbiini vundeerimisprobleemidest. Allikas: Heinrich Laulu arhiiv

Samal liivakivisaare serval asetseb ka enne Esimest maailmasõda püstitatud Tallinna elektriijaam. Selle 70 m kõrgune telliskorsten kujunes hiljem TPI “valulapseks” (sellest veidi pikemalt allpool).

On huvitav märkida, et ka Tallinna laululava asetseb ühel liivakivikünkal, ja nagu meile näib, juhuslikult. Laululava kaks eelmist varianti polnud vundeerimise suhtes nõudlikud, kuid nüüdse väga nõudliku variandi puhul avastati meeldiva üllatuse-na liivakivi. See võimaldas esi- ja tagakaare ühise horisontaaljõu (ligikaudu 10 MN) juhtida otse pinnasesse mõistliku riski tingimustes (ins. Endel Paalmann) ja seega vältida suurt metallikulu nõudvat kaare kanda ühendavat tõmbi. Laululava-jutu lõpetuseks märgime, et nüüd, 30 aasta möödudes võib siin eeldada mõningaid muutusi. Nii on raudbetoonist esikaar ja tagakaar olnud betooni suurte pingete tõttu raskes roometingimuses pikemat aega, mis võib esile kutsuda kaarte lamendumist ja sisejõudude mängu halvenemist. Pealegi võib eeldada, et esikaare raudbetooni teraskest on nüüd jooksupiiri survepingete mõju all. Meie arvates tuleks organiseerida laululava geomeetria kontrolli iga 5–10 aasta järel.

Tallinna endise elektrijaama naabruses asuv linnahall on rajatud merelt võidetud maa-alale. Meri on siin kulutanud liivakivi täielikult ja aluspõhja mattunud va-gumus lõikunud kambriumi kivimitesse (sinisavi pind on siin kõrgusmärgil -5,0 m) ning täitunud kvaternaarse teetega. Geoloogiline lõige on äärmiselt kirju, 5–6-meetrise (kohati kuni 10-m) täitekihi all lasuvad ebaühtlase paksusega voola-vad savipinnased, mistõttu tuli kasutada erineva kandevõime ja pikkusega (kuni 28 m) raudbetoonvau. Rohkem kui 600 vaiast koosnev süsteem on vaiade oskusli-ku kasutamise heaks näiteks. Tundub, et selliste masside nagu Oleviste kiriku torni ja elektrijaama uue korstna vundeerimine oleks selles rajoonis erakordselt raske. Linnahalli vundeerimise probleemid ei lähtu niivõrd hoone koormustest, kuivõrd pinnasetingimustest. Öeldu oleks veel üks argument selle toetuseks, et linnahall on rajatud valele kohale.

Järgnevalt mõningaid märkusi Oleviste kiriku kohta. Tuleb tõdeda, et keskajal olid seal tegevuses targad ja kavalad ehitusmeistrid. Kuna Pika ja Laia tänava asend oli sel ajal juba välja kujunenud, siis osutus Oleviste kirik liialt lühikeseks, isegi kui läänesuunalised löövid asetsevad nimetatud tänavate suhtes mõnevõrra diago-naalselt. Selleks et suurendada pealöövi illusoorset pikkust, kasutasid ehitajad kunstlikku perspektiivi, vähendades pealöövis pidevalt sammaste vahekaugust altari poole.

Nüüd endise Tallinna elektrijaama kohta. Ta võimsus oli, võrreldes tänapäeva gigantidega, küll nõrgakene (20000 kV), kuid elektrinappust Tallinnas ei esinenud.

30ndate aastate lõpul avastati, et 70-meetrise korstna telg oli kaldu ida poole Tal-linna tuulteroosis valitsevate läänetuulte tõttu. Tehnikaülikoolis koostati rekonst-rueerimisprojekt, kus nähti ette korstna läänepoolses servas maapinna lähedal raiuda pilu (kogu korstna seinapaksuses ja pooles korstna läbimõõdus) ja siis varem sisseehitatud teraskiilude abil taastada korstna vertikaalsus. Kuid saabusid keerulised ajad ja sõja ajal lasti kahurimürsuga koguni tubli kolmandik korstna ülaosast minema. Hiljem otsustati korsten hoopis lammutada. Sattusime viimasel hetkel jaole – avastasime, et minöör oli asetanud lõhkelaengu valele poole ja korsten oleks kukkunud elektrijaama hoonele.

Pärast sõda ehitati elektrijaamale uus, 101-meetri kõrgune korsten, mis meie tea-da on viimane suurem kivikorsten Eestis (massiga ligikaudu 10 000 tonni). Ta on vundeeritud raskele raudbetoonist ringplaadile (läbimõõduga ligikaudu 15 m) ja töötab häireteta.

1941. a. suvel veeti Tallinna elektrijaamast masinad (s.o. turbiinid ja generaato-rid) tagalasse ja need jäidki kadunuks. Lisaks lõhati veel masinasaal ja katlamaja. Tehnikaülikoolil tuli asuda taastamistöole, mis osutus küllalt komplitseerituks.

Masinasaal oli kaetud raudbetoonist ühelööviliste raamidega avaga 18 m, mis oli enne Esimest maailmasõda tubliks saavutuseks. Parast lõhkamisi polnud aega raudbetooni taastada, sest Tallinn oli ju ilma elektrita. Seeparast löime sealsamas tänaval kokku puidust naelkandjad-raamid, kuid mõnevõrra suuremate mõõtmetega kui algkonstruktsioon, et kunagi hiljem, kui aega rohkem, nende all raudbetoon taastada (mida pärast sõda ka tehti).

Katlamaja taastamine läks libedalt. Kuid hoopis tõsisem oli masinate probleem. Saadi kuskilt turbiin ja generaator, kuid see ei sobinud üldse olemasoleva raudbetoon-raamvundamendiga. Osutus vajalikuks raiuda viimasesse suurel arvul uusi poldiauke ja teisi avausi. Ja siis kerkis meie ette tõsine resonantsi küsimus. Selgub, et masinate rasked raudbetoon-raamvundamendid on paratamatult alla häälestatud, s.t. nende omavõnkesagedus on madalam töötava masina omavõnkesagedusest. Seega tekib masina käivitamisel paratamatult kas või hetkeks resonants. Kirjanduses esineb viiteid juhtumite kohta, kus auru kineetilise energia näol juurdeantav energia ei lähe, alates resonantsist, masina pöörete arvu tõstmiseks, vaid üksnes masina raudbetoon-raamvundamendi lõhkumiseks. Siin tuleb veel märkida, et masinatel on nn. sisemisi kriitilisi pöörete arve, et betooni elastsusmoodulid on ebamäärased jne. Seega ei või kunagi kindel olla selliste masinate resonantsiprobleemides, alati esineb siin mõistlik risk. Kui me selle masina (turbiini ja generaatori) esmakordselt käima lasime, siis seisime ise ülal masina kõrval ja hoidsime käsi tema katteplekil. Kahel korral oli tunda masina sisemisi kriitilisi pööordeid, kui äkki hakkas jalgealune tugevasti võnkuma, s.t. tuli ilmsiks vundamendi horisontaalne resonants. Siis see vaibus ja masin jätkas pöörete arvu kasvatamist. See oli üks neid dramaatilisi hetki, mis ehitajate elus nii sageli esineb. Et midagi on jälle õnnestunud! Et Tallinn saab jälle elektrit! Meile anti isikliku preemiana erakordne luba kulutada elektrit 100 kWh kuus, nüüd kulutame tavaliselt kuni 300 kWh kuus.

Varem ilmunud: Mõningaid märkusi Tallinna ehituspinnase, Oleviste kiriku, laululava ja elektriijaama kohta // Meenutusi meie ehitustegevusest ja muustki. Tallinn, 1990, lk. 80–83. Kaasautor E. Soonurm.

Kasari sild

Kui sõita Tallinnast Haapsalu maanteed mööda Ristini ja sealt Virtsu teed mööda lõuna suunas kuni Kasari jõeni (Tallinnast ligikaudu 100 km), siis jõuame kitsa raudbetoonist maantee silla juurde, mis on üks silmapaistvamaid tehnoehitusmälestisi Eesti territooriumil. Sild püstitati 1904. aastal erakordselt kiires tempos. Ta oli selle sajandi algul, seega raudbetooni koidikul, pikim maantee sild Euroopas. Käesolev kirjutus sellest huvitavast objektist tugineb järgmistele allikatele [1, 2, 3].

Kui sajandi algaastail otsustati Tallinn-Risti-Virtsu-Muhu-Saaremaa postiteele (posti veeti mõlemas suunas kuus korda nädalas) ehitada sild üle Kasari jõe, siis tundsid ehituse vastu huvi õige mitmed ehitusfirmad. Lühikese ajaga laekus Eestimaa kubermanguvalitsuse teedeosakonnale mitu silla eskiisprojekti koos staatiliste arvutuste ja eelarvega. Arhiivmaterjalidest [4] selgub, et need olid raudbetoonist võlvsillad kivisammastel. Nende sildade arhitektuur meenutas veel endisi kivisildu, kuid raudbetoonist võlv kandeelemendina võimaldas suurendada sillat (ühes projektis ulatus 40 m-ni) ja vähendada silla kaalu.

Teiste seas konkureeris ka kuulsa Belgia ehitusfirma "Hennebique" Venemaa sõsarfirma "Monicourt ja Egger". Nende pakutud 13-avalise raudbetoonsilla projekt tunnustatigi kõige vastuvõetavamaks, sest eelarve oli kõige väiksem – 124 000 rubla (ilma pealesõidutammideta). 1903. a. augustis sõlmiti Sankt Peterburis Eestimaa aadelkonna peamehe parun Eduard Dellinghauseni ja Prantsuse kodaniku Charles Jules Marie Paul Grimaut de Monicourt'i ning Šveitsi kodaniku Gabriele Eggeri vahel töövõtuleping. Detsembri algul andis de Monicourt üle viimased joonised ja 1904. a. jaanuaris alustati ehitustöid.

Silla kogupikkus on ca 310 m, tal on 13 sillat 22,9 m (sammaste telgede vahetähekaugus, puhasavad 21,3 m), igas sildes 3 kaart; silla laius on 6,95 m, sellest sõidutee 5,33 m; silla pikikalle 0,005. Sõidutee algpaksus silla teljel oli 45,5 cm, millest 12 cm on raudbetoonplaadi paksus, 21 cm oli liivakihti ja 12,5 cm kivisillutist. Raudbetoonist sõiduteeplaat on põiksuunas horisontaalne, sõidutee põikkalle (ca 2,3 %) saavutati liivakihi paksuse muutmise arvel. Sambad on rajatud väga tihele kruusasele moreenile, süvis ainult 2 m, pinge pinnasele 3 kgf/cm².



Kasari sild (1980ndad aastad). Allikas: TTÜ ehitusteaduskonna ehitiste projekteerimise instituudi arhiiv

Silla ehitamine oli ettenägelikule ja oma aja kohta eesrindlikult korraldatud. Väga oskuslikult tehti eeltöid jõejäält. Nii näiteks rammiti talvel madala veeseisu ajal jäält jõesammaste rajamiseks sulundkastid ja kogu konstruktsiooni raketise puit-tugivaiad. Kevadel toimus jääminek kõrgvee ajal, vaiapead jäid allapoole jääd ja seetõttu vigastamata. Muidugi on selline võtte seotud mõninga riskiga, sest vee-pinna kõrgus jäämineku ajal on aastast aastasse kõikuv, kuid vaadeldaval juhul kõik nähtavasti õnnestus, sest jäämineku tõttu katkes töö ainult üheks nädalaks. Jäält ehitati valmis ka puidust abisild teisaldatava rööpmestikuga betoonivagonettide jaoks. Kaarte raketised valmistati kaldal monteeritavatena. Kolme esimese silde raketised valmisid juba talvel.

Kaarte betoonimine algas 1. mail. Seejuures kasutati meie vabariigi territooriumil esmakordselt betoonisegistit (jõuallikaks segistile ja vagonettide köisteele oli lokomobiil). Sellega tagati betooni hea kvaliteet ja kõrge betoonimistempo – nädalas

betooniti kaks sillet, s. o. kuni 30 m³ päevas. Viimane kaar betooniti juuli keskel (lahtirakestamine toimus muide reeglina alles 45 päeva möödumisel), seejärel lõpetati sõiduteeplaadi betoneerimine, krohviti silla välispinnad, sillutati sõidutee ja septembri keskel oli sild valmis proovikoormamiseks ning käikuandmiseks. Kogu sild jätab mulje, et ametis olid tolle aja kõrge kvalifikatsiooniga spetsialistid. Õeldu käib eeskätt tööde teostajate kohta. Muide, firma „Monicourt ja Egger“ andis ehitustööd välja allettevõtjale, kes rakendas ulatuslikult ka kohalikku tööjõudu.

Silla proovikoormamine toimus 1904. a. septembris jõe paremkaldalt loetuna teises ja kolmandas sildes. Proovikoormus oli poolteisekordne, s.t. 660 kgf/m². Peakandurite suurimaks läbipaindeks mõõdeti 4,5 mm, s.o. ainult 1/4–700 sildest. Lisaks lasti veel 200-kilostel liivatünnidel ühe- ja kahekaupa 2,5 m kõrguselt kukkuda sõiduteeplaadide keskkoha. Sild olevat sellele „reageerinud vaid vaevalt-tuntava värinaga“. 15-tonnise aururulliga koormamisest loobuti.

Silla konstruktsiooni vaadeldes torkavad tänapäeva ehitajale silma kaks asjaolu: sõiduteeplaadil puudus hüdroisolatsioon ja sild ehitati ilma temperatuurivuukideta.

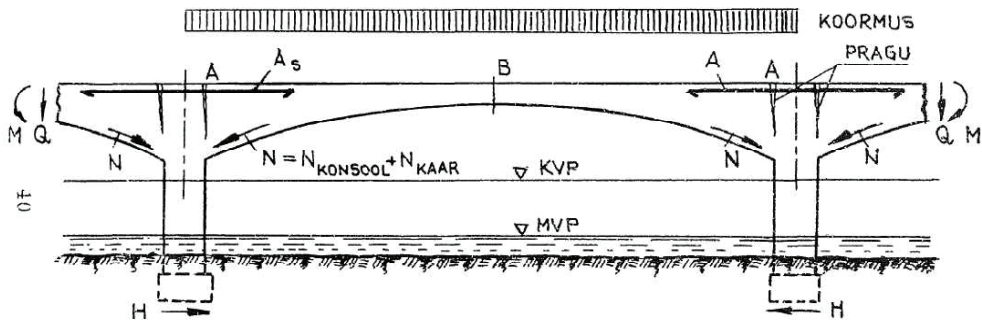
Hüdroisolatsiooni puudumine andis end kohe tunda – hoolimata sõiduteeplaadi paigaldatud veeärajuhtimistorudest tilkus vesi ka läbi betooni. Nõuti plaadi katmist asfaldikihiga, mis maksnuks 6000 rubla. Projekteerija de Monicourt seletas, et vee läbiimmitsemine raudbetoonile kahju ei tee. Tehniline komisjon ei osanud kogemuste puudumise tõttu seisukohta võtta ja lükkas otsustamise korduvalt edasi, kuni vee immitsemine näiliselt vaibus ja kogu küsimus soikus. Vesi aga jätkas tasapisi oma purustustööd. 1928. aastal, s.o. 24 aastat hiljem tehti sillale kapitaalremont – liivapritsiiga puhastati paljastunud armatuur roostest, torkreeteriti kahjustatud betoonipinnad ja sõiduteeplaadile paigaldati hüdroisolatsioon.

Ka teine loodustegur – temperatuur, andis endast peagi märku. Detsembri keskel langes õhutemperatuur -20°C ja silla kandekonstruktsioonis tekkisid praod. Asja uurinud komisjon tuvastas muu hulgas, et kõikides silletes oli sõidutee läbi vajunud, ühes sildes aga läbis 8 mm laiune pragu (nii on märgitud aktis: küllap õige oli 0,8 mm) kaared, sõidu- ja kõnniteeplaadid ning sillutise, s.o. kogu kandekonstruktsiooni. Kahes kohas avati armatuur kontrollimaks, kas vardad pole katkenud. Kohal käinud eksperdid leidsid, et kaarte tõus ja vajumine temperatuuri muutumisel on korrapärane ja ohtu karta pole. Siiski informeeriti pragudest ka Francois Hennebique'i (1842–1921) ennast. Ta selgitas pragude tekke mehhanismi ja ennustas, et kõigis silletes tekivad tugede lähedal sõiduteeplaadis praod. Olgu vahe märkusena öeldud, et need süstemaatilised praod tugede lähedal on sillas küll tekkinud, kuid mitte üksi sõiduteeplaadis, vaid ka kaartes.

Vaidlused pragude ümber ei vaibunud niipea. Silla ametliku vastuvõtu eelne komisjon korraldas 1905. a. juunis suurima praoga sildes uue proovikoormamise ja arvas, et uute pragude vältimiseks peaks tugede lähedal silla ülemisse ossa teema tehispraad, s.t. vuugid. De Monicourt vastas, et sild on projekteeritud jätkuva konstruktsioonina ja seepärast ei kuulu vuukide tegemine ettevõtte kohustus-tesse. Kui see aga vajalikuks osutub, siis võiks seda hiljem teha. See projekteerija märkus juhib meid selle silla kõige huvitavama küsimuse – arvutuskeemi juurde. Sild on projekteeritud jätkuvkonstruktsioonina, seda kinnitab kandurite ülemise pinna armatuur tugede kohal ja ka silla proovikoormamisel rakendatud koormus-keem. Projekteerija nõustumine vuukide tegemisega tugede lähedusse tähendab aga jätkuvsüsteemi asendamist ühesildelisega. Kuidas ta seda silda ikkagi arvutas? Küsimuse ajendiks ei ole niivõrd professionaalne huvi, kuivõrd mure silla kandevõime pärast, sest liiklusintensiivsus ja -koormus ju pidevalt kasvavad. Kahjuks ei ole õnnestunud leida silla projekti, seepärast puuduvad meil täpsed andmed arvutuskeemi, armatuuri asetuse ja kasutatud materjalide omaduste kohta. Oma kaalutlustes tuginemine seetõttu Teises maailmasõjas kannatada saanud silla taastamisprojekti koostamiseks tehtud uurimistööde andmetele. Sõjas purustati 1941. a. osaliselt neljas ja viies sildeehitis (jõe paremkaldalt lugedes), 1944. a. – vasakpoolne kaldasille.

Meile tundub, et silla nõrgim element on sõidutee. Projekteerimisel võeti aluseks ühtlaselt jaotatud koormus 440 kgf/m^2 ($4,4 \text{ kN/m}^2$) ja 15-tonnine teerull. Muidugi on toleaeegset arvutust raske rekonstrueerida ja võrrelda tänapäevasega, sest siis arvutati raudbetooni klassikalise teooria alusel teatavate lubatavate pingetega nüüdse diferentseeritud varutegurite süsteemi asemel. Kuid ka raudbetooni arvutusviisi erinevustest hoolimata tuleb sõidutee raudbetoonkonstruktsioon lugeda halvasti projekteerituks. Nii näiteks sõiduteeplaat, mille välja mõõde piki silda on 3,27 m ja põiki silda 2,79 m, on vastupidi plaatide teooriale tugevamini armeeritud piki silda, s.o. plaadi suurema silde suunas. Veel drastilisemalt; avaldub sama nähe konsoolses kõnniteeplaadis. Plaadi toemomentide vastuvõtuks pole ette nähtud mingisugust armatuuri. See detail näitab projekteerijate abitust plaatide teoorias. Ka põiktalade armatuur ja eriti põikjõukindlus äratavad kahtlust, seda enam, et ebaõigesti armeeritud plaadid kannavad sõidutee koormust rohkem põiktaladele kui otse peakanduritele.

Ka peakandurite arv – kolm, pole kõige õnnestunum. Raudbetoon-maantee-sildade puhul püütakse üldiselt vältida paaritud peakandurite arvu, sest sel juhul satub üks peakandur silla teljele. Tänapäeval peetakse seda lahendust ebaökonomseks.



Joonis1

Kuid valitud peakandurite süsteem ise on väga huvitav ja selles võib märgata tulevikuennet. Kuigi Kasari silda on literatuuris nimetatud lamedaks kaarsillaks ($f/L = 1/10$), tekkis meil silla kandesüsteemi uurides selles kahtlus, Kaarsilla jaoks on tõus $f = 0,1 L$ liialt väike isegi juhul, kui sõidutee asetseb ülal. Seejuures on literatuuris märgitud tõus $1/10 L$ arvestatud mööda kandurite alumist kontuuri. Kui aga arvestada mööda kanduri telgjoont, tuleb suhe f/L veel oluliselt väiksem. Teisest küljest on kandurite ülemine serv küllalt võimsalt armeeritud ja hoolimata sellest on toelõigetes A (joon. 1) ikkagi avanenud olulised praod. Meile näib, et tööpõhimõtte poolest on antud juhul tegemist pigem seibsillaga, mis hakkas levima alles 1930ndatel aastatel.

Meie kujutluse kohaselt töötab silla mis tahes sille järgmiselt. Ava keskkoha ja toeristlõike paindejäikuste suure erinevuse tõttu võib arvutustes lõikes B oletada liigendit. Kandurit võib sel juhul vaadelda kahe suure konsoolina, mis omavahel liigendiga ühendatud. Koormuse põhjustatud paindemomendi ja põikjõu maksimumid tekivad suure konsooli AB toeristlõikes A. Maksimaalne toemoment, mida see ristlõige suudab vastu võtta, saavutatakse horisontaalarmatuuri pinge viimisega voolavuspiirini (tänapäeva terminoloogia kohaselt plastse liigendi tekkimisega). Kolme peakanduri kohta kokku on ligikaudselt

$$\max M_A = z \sigma_{sy} A_S \approx 5400 \text{ kNm}$$

kus z – sisejõudude õlg (näiteks kolme kanduri keskmisena $0,9 \times 2,67 = 2,40 \text{ m}$);

σ_{sy} – terase voolavuspiir (näiteks 280 MPa);

A_S – toearmatuuri ristlõikepindala (näiteks $14 \times 5,72 = 80,0 \text{ cm}^2$).

Kui tegeliku koormuse põhjustatud moment ületab selle momendi, siis täiendava koormuse vastuvõtuks lülitub konstruktsioon ümber kaarena töötamisele. Kandurite alumises servas tekib kaare normaalsurvejõud, kuid sellele lisanduvad survetsooni kallaku tõttu täiendavad normaaljõud konsooli põikjõu ja paindemomendi toimetel. Need täiendavad normaaljõud on rakendatud samuti paralleelselt kanduri alumise servaga. Tuleb märkida, et peakandurid töötavad praktiliselt rangideta, sest toona rangidena kasutatud vitsrauad on nõrgad ja pealegi osaliselt läbi roostetanud. Kuid meile näib, et rangide osatähtsus vaadeldavas konstruktsioonis on ebaoluline.

Seega kannavad osa silla koormusest konsooltalad, mis ei põhjusta sammaste vundamentides olulisi horisontaaljõude, ülejäänud osa aga kaared, mispuhul vundamentides tekkiva horisontaaljõu (suurusjärgus 500–600 kN) vastuvõtt on heade pinnasetingimuste tõttu tagatud. Tuleb tänada õnnelikku juhust, et omal ajal jäid kavatsetud uuigid tegemata. Vastasel juhul poleks sild suutnud tänastele koormustele vastu panna.

Kasari sild on meid kaheksakümmend aastat ausalt teeninud. Peakandurite poolest (vajavad mõõdukat remonti) võiks silla ekspuaterimist jätkata veel hulk aastaid, kuid sõidutee konstruktsioon töötab praeguste koormuste puhul oma kandevõime piiiril ja sild on jäänud kasvavale liiklusele kitsaks.

Juba mõnda aega käivad eeltööd uue silla ehitamiseks. Mida aga teha vana sillaga? Lammutada teda ei raatsi, sest tegemist on siiski rahvusvaheliselt tähtsa ehitismälestisega. Autotranspordi ja Maanteede Ministeeriumi Teede Remondi ja Ehituse Trust on otsustanud vana silla pärast uue valmimist remontida ja jätta muuseumieksponaadiks. Seda mõtet tuleb igati tervitada. Kogemused aga õpetavad, et ainult konserveerimisest on vähe. Sillale tuleb jätta ka teatav funktsioon (näiteks jalakäijatele ja sõiduautodele) ning tema eest ka pidevalt hoolt kanda.

Kirjandus

1. Успенский Ю.И. Железобетонные мосты и путепроводы в России. 1908.
2. Die längste Betonbrücke der Welt // Der gute Kamerad, 1912. S. 614-616.
3. Союзпроект. Ленинградская Контора Изысканий и Проектирования. Проектное задание на восстановление моста через р. Казари у дер. Казари на дороге Таллин-Курессааре. Ленинград, 1946.
4. RAKA, fond 854, nim.6, s. 93.

Varem ilmunud: Ühe silla lugu : [Kasari sild] // Autotransport ja Maanteed (1988) 4, lk. 17–23; ill. Kaasautor E. Soonurm.

Tallinna miinisadama raudbetoonkoorikud

Eesti territooriumil on enne Esimest maailmasõda või selle kestel ehitatud mitmeid silmapaistvaid raudbetoonkonstruktsioone – tööstus- ja tsiviilehitisi (peamiselt Tallinnas, eriti Kopli poolsaarel), raudbetoonsildu, korstnaid jne.

Suurem osa neist on praegugi eksploatatsioonis, vaatamata nende 70–80 aasta-sele eale, ja seda ilma olulise kapitaalremondita – demonstreerimaks korralikult teostatud raudbetoonkonstruktsioonide püsivust.¹

Siin tuleb silmas pidada, et suurem osa neist ehitistest püstitati raudbetooni koidikul, kui teooria oli alles lapsekingades. Ka ehitismehaanika oli veel oma algelisemas arengujärgus. Võib kujutleda, et Tallinnas püstitatud kaarjate, riivide ja tõmbevöödega varustatud raamkonstruktsioonide arvutus ning konstrueerimine põhjustas tol ajal tõsiseid raskusi.

Real juhtudel on nendele konstruktsioonidele viidatud kahe maailmasõja vahel Lääne-Euroopa raudbetooniliteratuuris kui eeskujulikele näidetele.

Kuid ühest Tallinna tollaegsest suurehitisest – Tallinna Miinisadama raudbetoonkoorikutest, merelennukite angaarist (valmis 1916) polnud erialakirjanduses juttu. Näib, et tolle aja autorid ei osanud selle ehitise kohta midagi selgitavat öelda.

Järgnevalt peatungi lühidalt selle ehitise juures. Kolm ruudukujulise põhiplaani n. lamedat kaksikkõverat koorikut, igaüks põhiplaani mõõtmetega ca 35x35 m, on lükitud üksteise otsa nii, et tekib ca 105x35 m suurune kaetud ruum. Analoo-giline koorik, mõõtmetega 24x24 m, sildab Tallinna Balti jaama linnalähirongide ootesaali. Oma töö poolest erineb koorik kuplist: viimane on alati sobitatud ringi-kujulisele põhiplaanile.

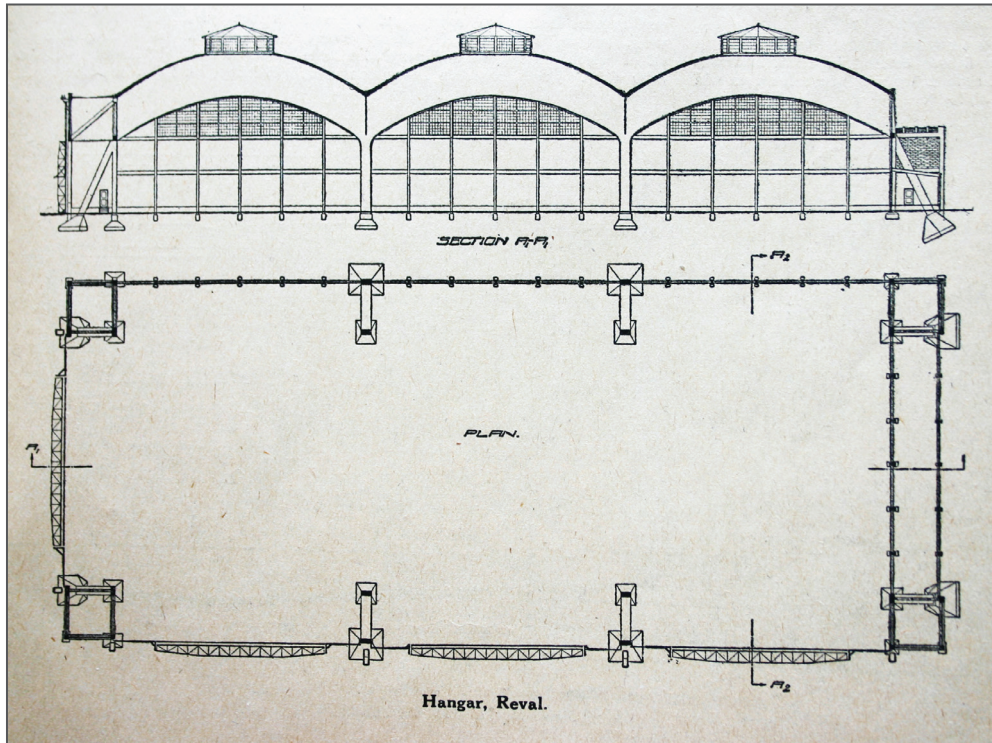
¹ Tahan siiski märkida, et kõik selleaegsed raudbetoonkorstnad (kõrgusega 60-70 m) on nüüd varisenud, sest projekteerimisel poldud siiski temperatuurikoormust tõsiselt arvestatud. Nende konstruktsioonide kirjelduse ja märkusi teostamise kohta leidsin ühest Austria tollaegsest raudbetoonkonstruktsioonide käsiraamatust.



Tallinna miinisadama angaaride (Christiani&Nielsen, 1916-1917) ehitus. Allikas: *The Builder* 30.01.1920

Tehnikaülikooli ehitusala spetsialistid märkasid juba enne sõda seda huvitavat ehitist, kuid siis arvasime, et see pole "õige" koorik, vaid mingi vähe huvitav kaartest ja taladest kompositsioon, nagu see tol ajal oli sageli kombeks (näiteks "Estonia" teatrisaali lagi, ehitatud 1914).

1960ndatel aastatel tekkis Tallinna täitevkomitees idee kasutada seda ehitist kergejõustiku sisestaadionina. TPI diplomand Jaak Veski (1937–1983) koostas oma diplomitöös (1960) kavatsetava spordirajatise eelprojekti. Sellega seoses uuris ta neid koorikuid. Puurimisel tuvastas ta kooriku paksuseks ca 10 cm. Siis selgus meie üllatuseks, et ehitist on täiesti korralik koorik ja ehitatud ligikaudu samal tasemel nagu 1960ndatel aastatel. Sellest spordirajatisest siiski asja ei saanud, kuigi tühiste juurdeehituste varal oleks olnud võimalik püstitada rahvusvahelise klassi nõudeid rahuldav sisestaadion.



Tallinna miinisadama angaaride lõige ja plaan. Allikas: *The Builder* 30.01.1920

Niisugused koorikud arvutatakse tänapäeval piisava täpsusega vastavalt koorikute lineaarsele membraaniteooriale ühe neljandat järku lineaarsete osatuletistega diferentsiaalvõrrandi lahendamise teel mingi sobiva pingefunktsiooni suhtes, kusjuures tavaliselt kasutatakse mõnda otsest meetodit. Nii minimeeris ungarlane Pal Czönka ruuthälbe tegeliku koormuse ja aproksimeeritava koormuse vahel integraalselt üle kogu kooriku pinna (on ka rida teisi võimalusi). Kuid kogu see lahenduskäik oli Miinisadama koorikute projekteerimise ajal veel välja töötamata. Kui arvestada, et kaksikkõvera kooriku vastkirjeldatud teooria töötati välja alles pärast Teist maailmasõda, s.o. 30 aastat pärast Miinisadama koorikute projekteerimist, siis on arusaadav, et seisime mõistatuse ees. Mismoodi küll võidi koorikut tol ajal arvutada?

TPI-s töötati välja lihtsustatud meetod selliste koorikute arvutamiseks, kasutades

vaid kolme makrostaatilist tasakaaluvõrrandit ilma diferentsiaalvõrranditeta,² mis võimaldas saada kooriku sisejõudude suuruste kohta andmeid. Need olid lähedased koorikute lineaarse membraaniteooria tulemustele. Jõudsimis otsusele, et Miinisadama koorikute projekteerijad võisid ainult nii arvutada. Kuid mõnevõrra hiljem teatas kunstiteadlane Jevgeni Kaljundi, et vaadeldava ehitise püstitas Christiani&Nielseni tuntud Taani ehitusfirma. Pöördusin 1982. a. kirjaga Kopenhaagenisse firma direktsiooni poole palvega anda mingisuguseid andmeid nende koorikute arvutamise meetodi ja eriti armeerimise detailide kohta. Firmalt tuli kiire vastus, kus öeldi, et olulisi andmeid pole nad kahjuks võimelised saatma, kuna vastav osa nende arhiivist hävis Teise maailmasõja kestel. Nad lisasid siiski mõned fotod ehituskäigust ning teatasid, et kooriku paksus harjal on 8 cm ja suureneb allapoole kuni 12 cm-ni diagonaali allnurgas; tööjuhataja olnud kohapeal ins. Sv. Schultz. Firmal olevat olnud plaanis ehitada veel kaks sarnast komplekti koorikuid samale maa-alale, isegi vundamendid olnud rajamisel, kuid 1917. a. jäänud kõik pooleli.

Kõige enam kurvastas asjaolu, et ei saanud mingeid andmeid armatuuri kohta. Seetõttu on selle koorikutüübi kõige olulisema arvutusliku armatuuri, s.o. allnurkade peatõmbearmatuuri hulk ikka veel teadmata. Kuigi projekteerija näitas head insenerivaistu, suurendades kooriku paksust allnurkades kuni 12 cm-le, võib siiski juhtuda, et spetsiaalset armatuuri peatõmbejõudude vastuvõtuks pole tolleaesge teooria puudulikkuse tõttu paigaldatud. Kuigi ehitise on nüüd püsinud 70 aastat, võib siiski juhul, kui peatõmbearmatuur puudub, varutegur nurga diagonaalprao tekkimise, s.o. ka kooriku purunemise suhtes olla märgatavalt väiksem kui näiteks äärelükmete kaarte tõmbides. Kui vaadeldavat ehitist peaks tulevikus kasutatama mingisuguse ühiskondliku hoonena, siis tuleks selles probleemis selgus luua.

Niisiis on Miinisadama koorikud meile mõningas mõttes ikka veel mõistatuseks. Kuid nad demonstreerivad, et raudbetoonkoorik, mis püstitati 70 aastat tagasi, seisab praktiliselt ilma hoolduseta ikka veel eksploatatsioonis. Ta oleks kahtlemata talunud sõjas ka kahurimürske ilma varisemata, nagu näitasid kogemused mõnede teiste raudbetoonkoorikutega.

Kuid ehitise akustika on halb – liialt kõle. Kui kasutada ehitist edaspidi mingi ühiskondliku hoonena, siis tuleks mõelda koorikute sisepinna täiendavale viimistlemisele.

Varem ilmunud: Tallinna Miinisadama raudbetoonkoorikud // Ehitus ja Arhitektuur (1986) 1, lk. 62–63: ill.

² Vt. H. Laul. Raudbetoon. II kd. Tallinn: ERK, 1962. Lk. 293–300.

“Surnud” keeled

Ma astusin 1925. a. sügisel Tallinna Poeglaste Humanitaargümnaasiumi (nüüd Tallinna 1. Keskkool) klassikaharu I klassi (nüüdses mõistes 7. klassi). Miks just sinna, ei tea. Hiljem pärisin vanemate käest selle kohta aru, kuid ka neil polnud midagi selgitavat öelda.

Nii siis mina, Pelgulinna poiss, selle asemel, et õppida lisaks saksa keelele sama kooli reaalarus mulle elus hoopis vajalikumaid vene ja inglise keelt, õppisin “surnud” ladina ja vanakreeka keelt, sõbrad on kogu elu selle üle naernud ja vahel ühinesin ka ise nendega. Mulle näis esialgu, et oluline osa minu õppimise potentsiaalset on asjatult raisatud.

Kuid nüüd, mida vanemaks lähen ja mida rohkem neid nn. surnud keeli olen unustanud, seda enam kerkib minus tunne, et need keeled moodustavad minu üldharidusest olulise osa.

Kas need keeled on ikka surnud? Võib-olla keel on surnud siis, kui temas ei teki enam uusi sõnu ega idioome uute mõistete väljendamiseks või vanade asendamiseks. Selle teooria kohaselt on ladina keel küll surnud. Ma arvan, et maailmas on siiski mõni miljon inimest, kes on võimelised rääkima ladina keelt, ja paljud miljonid, kes seda kasutavad iga päev (meedikud, juristid, teoloogid jne.). Paljudes maades õpitakse seda koolides. Ja romaani keeled, mida kõneleb maailmas rohkem kui 500 miljonit inimest, baseeruvad rohkem või vähem ladina keelele. Inglise keeles on 20-60 protsenti ladina keelest võetud sõnu (olenevalt sellest, mis teemal juttu puhuda). Näeme, et rohkem kui miljard inimest tarvitab iga päev ladina keele sõnu. Kas saame seda keelt ikka surnuks pidada? Ladina keel on ilusamaid ja peensusteni väljaarendatud grammatikaga keeli. See oli hilise keskajani (ja isegi hiljem) kogu haritud ja teadusmaailma suhtlemise keel. Ligikaudu sama võib väita vanakreeka keele kohta. Praegugi räägivad 10 miljonit kreeklast seda, kuigi nn. uut kreeka keelt. Ka kreeka keelt ei või surnud keeleks pidada, seda rohkem, et ikka ja jälle kaevatakse antiikkreeka keelest välja terminoloogiat uute teaduslike ja tehniliste mõistete jaoks.

Olen palju selle üle mõelnud, miks need keeled osutuvad mulle praegu nii oluliseks, seda imelikum, et mälus on säilinud nendest vanadest keeltest rohkem kui 50 aasta möödumisel ainult riismed ja mõningane üldine kujutus. Näib, et mulle on kuidagi tähtis, et mul on olnud justkui otsene kontakt nende antiikinimestega, kes olid minu arvates väga targad, andekad ja töökad. Mulle näib, et mul on selle kontakti tõttu teatud privileege. Meie lugesime koolis Homerost, Xenophoni, Herodotost, Caesarit, Horatiust, Vergiliust jne.

Meie koolis oli spetsiaalne raamatukogu vanadest raamatutest ja käsikirjadest (ladina, kreeka, rootsi, alamsaksa jt. keeltes). Siis räägiti, et see raamatukogu on pärand, mis tekkis Mihkli Nunnakloostri likvideerimisel (1629. a.) ja et ta sisaldas umbes 20 000 ürikut. Siin on muidugi tegemist liialdusega. Võib-olla kloostri raamatukogus oli vaid mõnikümmend raamatut, mis tol ajal oli väga suur kogu. See näitas, et need õnnetud, elust kõrvale astunud naised olid oma aja kohta kõrge kultuuriga. Enamik raamatuid sellesse kogusse hangiti siiski paari järgmise sajandi kestel ja võib-olla neid polnudki 20 000. Siis räägiti veel, et see raamatukogu on üle Euroopa kuulus ja et teda külastavad sageli välismaa teadlased. Ka see väide võib olla mõnevõrra liialdatud. Ma külastasin sageli seda raamatukogu, kuid pean tunnustama, et mitte tõsiseks uurimistööks, vaid ikka emotsionaalse kontakti pärast. Praeguseks on need raamatud jõudnud Eesti Teaduste Akadeemia Raamatukogusse, mis on ka otstarbekas.

Paljude arvates on kreeka kirjandus ja kunst siiani ületamatu. Antiikteaduse saavutuste kohta kuulsin ühtteist ka koolis, kuid rohkem vist ikka hiljem. Archimedes oli võimeline arvutama, kui palju vajub puidust koonus tipuga vette, kuigi tal polnud võimalik kasutada diferentsiaal- ja integraalarvutust;¹ Eratosthenes arvutas elegantse võttega ja küllalt suure täpsusega maakera ümbermõõdu, ja seda ajal, kus Maa kuju kohta polnud veel üldist kujutlust; Aristoteles ja Platon arendasid hiilgavaid arutlusi ideaalse riigikorra kohta (muidugi võttes arvesse siis kehtivat ühiskondlikku formatsiooni). Ajaloo ja geograafia uuringud olid silmapaistvad ja võimaluste piires objektiivsed, seda populaarsemas vormis nn. ajaloo isa Herodotose, aga ka rangema uurija Thukydidese töödes jne.

Kallis lugeja, see, mis seni siia kirjutatud, on muidugi kõigiti tuntud ja võib paista lahtisest uksest sissemurdmisena. Kuid kõik on kirjutatud seepärast, et mõned tänapäeva teadlased väidavad, nagu oleks inimaju viimase 2000 aasta kestel oluliselt

¹ Pean siin möönma, et ei mäleta, kust ma selle probleemi leidsin. Pealegi võis ta olla ka veidi teisiti formuleeritud. Tekstis antud ülesande puhul ei saanud Archimedes seda eksperimendi teel lahendada, sest puitkoonus kaotab stabiilsuse (läheb upakile) metatsentri halva asendi tõttu. Nii et ta pidi toime tulema ja leppima teoreetilise lahendusega.

edasi arenenud. Me oleme end ümbritsenud tuhandete kavalate asjadega (teleskoop, mikroskoop, mikroprotsessor, laser, taskuarvuti, raal, televiisor jne.). See kõik on saavutatud peamiselt teadusliku töö ennenägematu riikliku organisatsiooni teel, teadusesse rakendatava kalli aparatuuri ja kapitaalvahutuste ning suure arvu eriti andekate teadlaste väljaselgitamise ja rakendamise abil. See on andnud suuri tulemusi, ilma et me võiksime midagi öelda inimaju arenemise kohta nii lühikese aja kestel, nagu on 2000 aastat.

Klassikaline haridus ja kontakt antiikinimestega on mind kaitsnud upsakuse vastu nende suhtes.

Meil kostab juba häält, et inimene, kes ei oska suhelda raaliga, on pooleldi kirjaoskamatu. Sellega seoses tuleb arvata ka kõik antiikinimesed poolkirjaoskamatute hulka. Kuid see diskrimineerimine poleks sugugi originaalne, sest katoliku kirik on kõik antiikinimesed, vaatamata nende moraalsele ja sotsiaalsele eluviisile, määranud paratamatult põrgusse, kuna nad elasid ja tegutsesid enne nn. pattude lunastaja Jeesus Kristuse sündi. Võib-olla, et nad satuvad põrgus mõnevõrra jahedamatesse paikadesse, kuid mitte kunagi paradiisi. Seda on kirjeldanud Dante oma "Jumalikus komöödias" seoses Vergiliusega.

Ma tunnen tõsist rõõmu kontaktide üle mitte ainult antiikinimestega, vaid ka hilisemate inimestega. Hiljuti ilmus meil "Henriku Liivimaa kroonika" bilingviline: ladina ja eesti keeles. Leian, et eeskujulikult tõlgitud ja kommenteeritud, on see R. Kleisi ja E. Tarveli suurepärase kingitus paljudele. Kui püüan selles raamatus lugeda ladinakeelset teksti ja võrrelda seda eestikeelsega, siis hoopiski mitte, et kontrollida tõlkijat, vaid seepärast, et otsin jälle otsest kontakti mineviku inimesega.

Pean tunnistama, et mõnel juhul on osutunud vajalikuks kasutada klassikaliste keelte oskust lisaks teaduslik-tehnilisele terminoloogiale, mis on olnud mulle palju hõlpsamalt omandatav.

Järgnevad kaks lugu, kuigi kardan, et need ei näita mind parimas valguses.

Olin gümnaasiumi viimases klassis ja lugesin ladina tekste võrdlemisi vabalt. Ühel päeval ilmus minu juurde koolivend ja tegi mulle ettepaneku minna Pelgulinna Tarabella (nüüdne Timuti) tänavas asuvasse palvemajja. Puiklesin küll vastu, kuid läksime. Palvemaja asus endises suures heinaküünis. Nihutasime end vaikselt viimase pingi otsale. Meie ees istus paarsada inimest, suuremalt osalt eakad naisterahvad. Nende ees istus kolmest mehest koosnev eestseisus (midagi presiidiumitaolist). Siis tõusis üks neist meestest ja teatas: "Armsad õed ja vennad Kristuses! Järgnevalt räägib teile Roomast tulnud vend Jumala enda, see on ladina keeles." Arusaadavalt ajasin kõrvad kikki: miks on ladina keel Jumala keel? Siis tõusis püsti nn. Roomast tulnud vend, kõhatas tähtsalt ja alustas: "Singer, vinger, tinger" jne.

Ei midagi ühist ladina keelega! Olin jahmunud. Kuid kogu naistevägi meie ees hakkas valjusti nutma ja oigama. Pahvatasin naerma ja mind visati palvemajast välja. Alles hiljem, vanemaks saades, olen jõudnud äratundmisele, et seal polnud õieti midagi naerda, tegelikult oli see tragöödia. Vanad tööst, vaesusest ja harimatusest vintsutatud inimesed tulid saama lohutust, kuid sattusid sulikamba küüsi. Inimese tundeelu on võimalik tugevamalt mõjutada asjadega, millest nad aru ei saa, kui sellega, millest nad midagi taipavad. Neid juhtivad palvevennad, kes tulid välja "ladina keelega", olid küllalt kavalad psühholoogid. Seda võtet on vanast vaaraode ajast alates kasutanud paljude riikide ülikud oma alamate petmisel. (Siiski ei ole ma oma käitumisega seal Pelgulinna palvelas nüüd rahul. Olin elukogematu nooruk ja käitusin kahtlematult jõhkralt.)

Teine lugu juhtus minuga 37 aastat hiljem (1966. a.), kui viibisin loengutega Helsingis – Otaniemis. Peatusin Otaniemi Tehnikaülikooli külalisprofessorite korteris (suur tuba, kaks magamistuba, köök, vann, rõdu jne.). Sain enesele naabriks väikest kasvu, kõhetu, väga korrektselt riietatud Hollandi füüsikaprofessori, kes oli minust umbes 15 aastat vanem. Ta oli viibinud Moskvas konverentsil või sümposiumil ja teel kodumaale peatus nädalapäevad Helsingis. Tundsime jalamaid jäist hingust. Ta käitus üleolevalt, vaevalt vastas mu viisakatele tervitustele.

Ühel õhtul valmistusin loengutele minema, seisin suures toas peegli ees, kontrollisin riietuse korrasolekut. Siis nägin peeglis, et naaber istub nurgas diivanil ja loeb mingit raamatut. Mul oli veidi piinlik: mina, vanem inimene, nagu dändi peegli ees! Pöördusin, astusin naabri juurde, soovisin talle head õhtut ja, et kuidagi juttu alustada, küsisin, kas võiksin teada saada, mis raamatut ta loeb. Ta ulatas mulle suhteliselt väikeseformaadilise, roheliste sametisse köidetud raamatu, ilma et oleks sõnagi lausunud või mulle otsagi vaadanud. Avasin raamatu ja jahmatasin: see oli kreeka keelne uus testament. Mu segadust suurendas veel asjaolu, et raamatu köide ja diivan, millel ta istus, olid juhuslikult ühte tooni rohelised. Piilusid üle raamatu serva ja nägin ta näol pilkavat muiet. Mis pean ma küll tegema?! Avasin raamatu juhuslikul kohal ja hakkasin sealt valju häälega lugema.

"Mis!" hüüatas ta. "Teie valdate kreeka keelt?" Muie oli ta näolt kadunud. "Nagu näete." – "Kuid mulle öeldi Moskvas, et NSV Liidus ei õpita vanu keeli." – "Nähtavasti pole teid päris õigesti informeeritud." – "Kuhu te lähete? Palun ärge minge, ma tahan teiega rääkida, pean homme hommikul väga vara kodumaale sõitma." – "Pean siiski minema, sest mind ootab loengul 40 inimest. Kuid tulen tagasi." Ma tulin tagasi 3–4 tunni pärast. Jätsin Soome sõpradega restorani minemata ja striiptiis jäi mul ka nägemata.

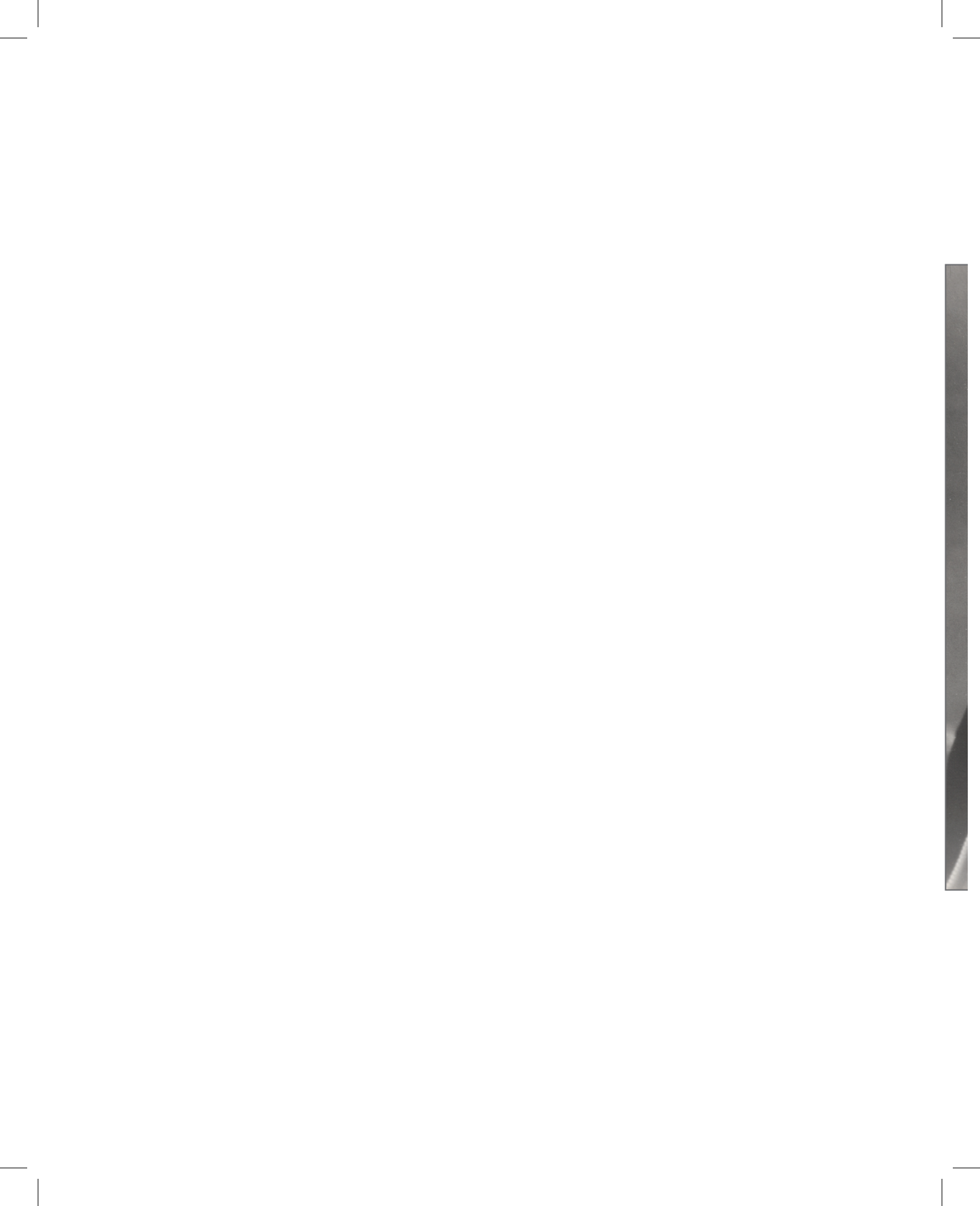
Meie kõnelus kestis ligi 4 tundi ja vääriks omaette kirjutist. Naaber osutus tegelikult väga huvitavaks, laia silmaringiga ja sügavalt haritud inimeseks (kuivõrd mina

seda suudan otsustada). Kuid ma märgin üksnes, et me ei puudutanud erialaküsimusi, sest need olid meil väga erinevad.

Kui hommikul ärkasin, oli naaber juba lahkunud. Kuid südametunnistus on mind kogu möödunud, peaaegu 20 aasta jooksul vaevanud, sest petsin oma naabrit: esiteks ei õppinud ma kreeka keelt Nõukogude Liidus ja teiseks lugesin ette küll soravalt (nagu mulle näib), kuid ei saanud midagi aru (aga seda ma talle ei ütelnud). Mulle tundub, et olin võitnud teenimatult tema poolehoidu oma kreeka keele riismete abil. Kuid parem on nii poolehoidu võita, kui olla hea ladina keele pärast palvemajast välja visatud.

Et olen kirjutanud artikli mälu järgi, siis võib siin ja seal esineda mõningaid vigu, eriti formuleeringutes. Loodan, et lugeja andestab mulle, sest "Sirbis ja Vasaras" esineb vahetevahel isegi luuletusi.

Varem ilmunud: "Surnud" keeled // Sirp ja Vasar (1985) 2. aug.: portr.



**MEENUTUSI
HEINRICH
LAULUST**





Heinrich Laul 80

Nikolai Alumäe

Heinrich Laulu elus on olnud vähemalt kolm kriitilist seisu. Esimene oli siis, kui mustlased varastasid siis veel väikese heledapäise heleda häälega Heinrichi oma etenduste tulukuse parandamiseks. See oli tsaariaegses Peterburis, õnneks ta leiti. Teine oli 35 aastat hiljem, kui ta Tallinna kaitsetööde juhtimise eest 1941. aasta suvel pidi vastust andma algul "patareis", pärast terve aasta koonduslaagris. Õnneks oli see laager Eestimaal, SD valduses. Kolmas oli hiljuti, kui 6 aastat tagasi onkoloogil õnnestus operatsioon, tänu millele on H. Laul endiselt erksalt meie hulgas.

Kui H. Laul tuli Tartu Ülikooli ehitusteadust õppima, oli ta tõesti vaene üliõpilane. Aga olukord paranes peagi, sest juba teisele kursusele jõudes võttis vana hea professor O. Maddison H. Laulu oma kateedri abijõuks korraliku töötasuga. Mitte lokkis pea pärast, vaid heade "näitajate" eest õppetöös. Ja sinna ta jäi kuni inseneriks saamiseni 1939. aastal. Ega teda lastud rahun lõpetada. Eesti majanduslik olukord oli sõjaeelsetel aastatel võrdlemisi hea ja seetõttu olid paljud lõpetamisele lähedal tulevased insenerid abistamas vanemaid kolleege ehitustel või projekteerimisel; tööandjate hulgas oli ka prof. O. Maddison ja adjunktprofessor H. Oengo. Sellise töö viljana teab eesti rahvas ka H. Laulu Pärnu ranna tantsuseent. Arvukaid tööstusehiti teatakse muidugi vähem.

Pärast sõda tuli H. Laul Tehnikaülikooli tagasi. Juba hulk aega enne kuulsat EKP VIII pleenumit valiti ta ehitusteaduskonna dekaaniks ja ta kujunes pikaks ajaks (11 a.) eesti ehitusinseneriks number üks. Ta oli seda *de facto* edasi konstruktsioonide kateedri juhatajana aastani 1975.

Oma uurimistöodes siirdus H. Laul paljutöötava koorikute teooria valdkonda 1950ndate aastate alguses. Ta lähtus geomeetriliselt lihtsast objektist – ringsilindrilisest pikast koorikust, rakendas enda arendatud meetodit Finsterwalderi võrrandite lahendamiseks ja sisejõudude mängu üdini tunnetamiseks. See sai tema doktoriväitekirja sisuks. Väitekirja kaitses ta kuulas (vana nimega) Imperaator

Aleksander I Teede-inseneride Instituudis 1954. aastal, sealsamas, kus lõpetas kunagi professor O. Maddison. Sealt olid pärit ka nimekad O. J. Paton ja S. P. Timoshenko.

Raudbetoonkonstruktsioonide professorina on H. Laul erilist huvi tundnud kooramisel tekkivate pragude vastu. See küsimus on viimasel ajal muutunud eriti aktuaalseks seoses nn. komposiitkonstruktsioonide laialdase kasutuselevõtuga lennuki- ja laevaehituses, kus edu püütakse saavutada just mittenõudlike (näit. odavate või kergeste või kõrgtemperatuure taluvate) materjalide armeerimisega ülitugevate kiudude abil.

Silindriliste koorikute kõrval on H. Laulu huviorbiiti tulnud ka erineva konfiguratsiooniga koorikud, nagu sadulataolised. Kateedril on oma traditsioon: kui võetakse ette midagi uut, püütakse staatikat haarata kõigepealt makrotasandil, seejärel mõne üldisema, näiteks poolmomentide teooria järgi. Siis tehakse konstruktsiooni väikesemõõduline mudel, mida katsetatakse vastavate reeglite järgi ning kontrolitakse katsemudeli ja objekti matemaatilise mudeli alusel saadud tulemuste vastavust. Niisugusel alusel konstrueeritud ehitised ei varise.

1960. aastal juhtis Eesti NSV Teaduste Akadeemiat sisuliselt Gustav Naan. Ette oli valmistatud Teaduste Akadeemia liikmeskonna kaunis tõhus laiendamine (parajasti oli Hruštšovi-aegne "sula"). Naani mõjusfäär oli ulatuslik. Valimised kulgesid ehtsas nõukogulikus üksmeeles. Selgus, et Naani kava polnudki paha, sest valiti H. Keres, G. Kangro, G. Kuzmin, P. Kard, H. Laul, K. Rebane jt. (1961), kõik väga head ja tuntud teadusmehed.

Jah, professor H. Laul oli sellal juba väga nimekas. Ta oli andnud panuse eesti kultuuri varasalve – parajasti lõpetanud "Raudbetooni" põhikursuse 2 köidet (kokku 1500 lk.), valmis oli saamas laululava Kadriorus; H. Laul oli saanud esimese Nõukogude Eesti preemia. See preemia oli avanss. Hiljem on lisandunud neid veelgi.

Loominguline potentsiaal on H. Laulul olnud austusväärne: ta on olnud ligemale 30 aspirandi juhendaja. Suurem osa neist on saanud kandidaadikraadi. Tõsi, tal on olnud võimalus kasutada kaasjuhendajaid (V. Kulbach, K. Öiger jt.), kuid see on endastmõistetav, kui töötada üksmeelses kateedris. Publitseeritud tööde hulk küünib juubilaril sadadesse. Tal on kaasautoreid (peamiselt V. Kulbach, Ü. Tärno, K. Öiger jt.) 40 ümber ja mõnega neist on koos kirjutatud üle paarikümne artikli.

H. Laulul on õnnestunud realiseerida vähemalt üks soovunelm: tal on paarituhandeline plaadikogu (sümfoonilisest muusikast) ja täielik Agatha Christie teoste kogu. Huvid on H. Laulul laialdased ja paljud lugejad mäletavad tema sekkumist "Sirbi ja Vasara" humanistlike üldhuvide sfääri esseedega "Estonia" taastamisest, vanadest keeltest ja muust. Need pälvisid "Sirbi ja Vasara" toimetuse aastapreemia (1984).

Kirjanduslikus plaanis on H. Laulu tipp-novelliks lugu Kreenholmi jalakäijate sil- la kukkumisohust 1949. aasta talvel. Proloogiks on tehnikaspetsialisti hinnang katastroofi kujunemise võimalusest, epiloogiks vapustav pilt üleüldisest ükskõik- susest, laostumisest täiel rindel – vaid osaline hulk sümptomitest, mis avaldu- sid Tšernobõli katastroofis, ja selle likvideerimise käigus kasutatud nurjatustest (vt. "Ehitus ja Arhitektuur", 1986, nr. 1). Novell vääriks uustrükki.

Varem ilmunud: Eesti Teaduste Akadeemia Toimetised. Füüsika. Matemaatika. 39 (1990) 3, lk. 300–303.



Grupp TTÜ kergejõustiklasi Kadrioru staadionil 1938. või 1939. aastal. Heinrich Laul on pare- malt kolmas. Allikas: Heinrich Laulu arhiiv

Mõtteid Heinrich Laulust

Vello Otsmaa

Heinrich Laul (1910–1991), 20. sajandi teise poole kõige silmapaistvam Eestis tegutsenud ehitusinsener ja kõige suurem asjatundja ehitustehnika kui terviku alal. Mees, kes tunnetas raudbetooni sisemist ilu ja loogikat nii nagu vaid väga vähesed.

Heinrich Laul oli nii reaals- kui ka humanitaarmaailmas sügavalt haritud mitmekülgne isiksus, samas nagu paljud teisedki silmapaistvad isikud oli ta inimesena küllalt vastuoluline. Tavalise inimese puhul jäävad need vastuolud tähelepanuta. Mitte aga inimese puhul, kes tegutseb paljude silme all, kellest paljud vähemal või rohkemal määral sõltuvad, keda paljud peavad endale eeskujuks.

Püüan tagasihoidlikult iseloomustada professor Laulu kui inimest nii, nagu nägid seda minu silmad tema elu viimase nelja aastakümne jooksul. Jätan kõrvale tema inseneri- ja teadustegevust põhiliselt kujundanu, tema erudeerituse nii ehitustehnikas kui tehnikas üldse, samuti temaga lahutamatult seotud spordi- ja humanitaarhuvid, sealhulgas erilise kiindumuse muusikasse.

Mainimata ei tahaks aga kuidagi jätta tema intuitsioonivõimet. Leksikon ütleb – intuitsioon on varasemate kogemuste teadvustamata läbitöötamisel põhinev arutelu ennetav tõe tabamine. Selline võime tabada tõde saatis, aga tihti ka juhtis teda nii raudbetooni hingeelu tunnetamisel, komplekssete inseneriprobleemide lahendamisel, aga ka oma kaastööliste valikul, kateedri ja teaduskonna kujundamisel.

Professor Laul oli harukordne juht. Ta oskas kateedrit juhtida, seda näiliselt juhatamata. Sellest hoolimata sujus töö kateedris suurepäraselt. Igaüks teadis, mida talt oodatakse ja mida tal teha tuleb, ülejäänud tegid ära kateedri daamid Mai Kaska ja Hilja Remmel. Laulu-aegne kateeder oli ühtne kollektiiv, mis vaidlustamata tunnistas Laulu autoriteeti. Kateedri koosolekutel ja seminaridel arutati tõiseid ja muidki küsimusi. Jutt oli avameelne. Kartust, et räägitu ulatub sinna, kuhu pole vaja (nii iseloomulik tolele ajale), ei olnud. Ühised arutelud ja nõupidamised, aga veelgi rohkem vast iga-aastased jaanipäevad Valingul, Laulu suvised sünnipäevad Lohu-

salus, sügised matkad ja muud töövälised ettevõtmised sidusid mitte ainult kateedri liikmeid ja aspirante, vaid ka nende peresid.

Vajaduse korral oskas Laul ennetada tekkida võivaid vastasseise. Kui algasid kohustuslikud neljakuulised täienduskursused Moskvas ja Peterburis, läks Laul sinna esimesena (muide – matemaatikat kuulama). Pärast seda ei tihanud keegi kursustest kõrvale hoida. Mulle meenub vaid üks juhtum, kus Laul kõigi silme ees kaotas enesevalitsuse ja tõstis häält, kuid sellest hiljem.

Laul oli tugevasti enesekeskne, ei kannatanud kriitikat enda kohta ega soovinud kunagi tunnistada oma allajäämist. Kaotus lauatenнисes oli tema arvates juhus (ka siis, kui vastaseks oli omaaegne Eesti meister Valter Raidna), mõni aspirant pidas enne, kui hakkas temaga oma tööst rääkima, õigemaks talle males partii või kaks kaotada. Kui ettevaatamatu aspirant juhtus mainima tema artiklis esinevaid näpuvõi trükivigu, lõppes jutt ruttu ja üsna külmalt. Minule, esimese sügise aspirandile, oli tõeliseks vapustuseks juhtum Elvas: olles bussiga ekskursioonil, ööbis kateeder sealses võõrastemajas, mõniseda meetrit raudteejaamast. Laul ja paar nooremat meest veetsid öö Tartus ja saabusid hommikul varase rongiga Elvasse. Laul oli suurepärase meeolus hetkeni, mil ta jaamast tulles märkas maja nurga tagant väljudes võõrastemaja hoovil seisvat bussi. Ta tormas sisse, tegi peapesu dotsent Leonid Allikasele, pööras otsa ringi ja käskis enesele buss jaama järele saata. Läks hulk aega, enne kui bussijuht jalule saadi, buss käima pandi ja jaama tagasi marssinud professor võõrastemajja toodi. Mõtlesin – kuhu seltskonda ma küll olen sattunud ja kas poleks targem sealt kähku ära tulla. Kaunis ruttu aga selgus, et tegelikult olin sattunud väga heasse ja meeldivasse seltskonda.

Hilisemad aastad näitasid, et tegelikult oli Laul väga südamlilik inimene, ehkki ta seda harva välja näitas. Mäletan, kui ta mulle ühel hilisel öhtul muretsedes helistas, olles kuulnud mu väikepoja kadumisest linnaliikluses. Samas võis ta olla ka lapsekult avameelne ja rohmakas, kui ta näiteks soovitas Allan Sumbakul pärast rasket operatsiooni oma jalg lasta amputeerida (“ega sest asja niikuinii saa”) või kui ta andis Mai Kaskale 10 rubla, toomaks endale Nõmme turult naistepäevalilli. Kummaski ettepanekus ei olnud kübetki halvustavat ega üleolevat, ta lihtsalt arvas, et nii on õige ja ütles selle puhtsüdamlilikult välja.

Laul ei püüdnud kunagi ega kuidagi takistada teiste arengut ning tundis siirast heameelt kolleegide ja oma õpilaste edusammudest. Tean mitmeid oma põlvkonnakaaslast, kellele kõrgkooli sissepääs või selle lõpetamine oleks poliitilistel põhjustel jäänud unistuseks ilma Laulu abita, seejuures teame, et poliitilist seljagust tal endal ju ei olnud.

Laul kui juhendaja ei püüdnud probleemi juhendatavale valmis nämmutada. Viimane visati vette ja pidi sealt mõnede põhimõttele näpunäidete toel ise välja

ronima. See võte polegi vist väga paha, tema aspirante kaitses väitekirja rohkem kui veerandsada, tõi – mitmel jäi töö ka lõpetamata.

Laulu huumorimeel oli omapärane. Teinekord oli raske mõista, kas ta teeb nalja, naerab sinu üle või räägib ilmtõsisist juttu. Selle koha pealt ületas teda vast ainult 1960-70ndate aastate Nikolai Alumäe. Näiteks: komandeeringus olles küsis Laul noorelt kolleegilt: “Palju teie uus mantel ka maksis?” Kuulnud, et 70 rubla, mõtleb veidi ja ütleb, et niisugust tema küll selga ei paneks. Kolleegil on kõhe, jääb üle vaid ujedalt naeratada. Hulk aega hiljem mainib Laul muu jutu seas, et tema mantel maksnud peaaegu 75 rubla. Ole lahke! Vahel võisid ta naljad olla ka õelavõitu, mis rüütatuna läbipaistvasse võtlihtsameelsusesse ärritasid ülikooli nõukogus juhtkonda, kuid kindlustasid populaarsuse allpool.

Laulu ja ülikooli juhtkonna suhted 1970-80ndail aastail ei olnud kõige sõbralikumad, seda kajastasid ka vihjed pensionialise (täna sees mõttes veel küllalt noore) professori soovitatavaks tagasiastumiseks kateedrijuhataja kohalt. Avalikku vastasseisu muidugi ei olnud.

Laul ja poliitiline võim. Arvestades tema sotsiaalset päritolu ja saksaegset vangistust, poleks olnud loomuvastane tema lähenemine parteile ja nõukogude võimule. Seda aga ei juhtunud. Küllap sai takistuseks tema ausus ja kõrge lävi ideoloogiliste kompromisside suhtes, pealegi oli andeka inimese akadeemiline karjäär üks valdkondi, kus võis edasi liikuda ka parteisse kuulumata. Valitsusuringkondadega olid ta suhted lojaalsed, omaaegse ministrite nõukogu esimehe Valter Klausoniga isegi head. Viimasega olid nad enne sõda koos töötanud linna kommunaalmajanduses. Fosforiidisõjas asus Laul meie poolel, kuid ise selles ei osalenud ja võitu ei uskunud.

Omaette huvitavad olid Heinrich Laulu ja Nikolai Alumäe suhted. Arvan, et nad olid küllalt lähedased sõbrad, muidu ei oleks vist kumbki neist talunud teineteisele (eriti Alumäe poolt Laulule) öeldud iroonilisi repliike. Nad mõlemad respektierisid teineteist, ja antagu mulle andeks, kui eksin, tundsid ka väikest kadedust teise suhtes. Laul, mõistes Alumäe teoreetilist üleolekut, Alumäe aga, tunnetades Laulu kui inseneri töö praktilist tähtsust.

Lõpetuseks tahaksin veidi muudetud kujul korrata seda, mida olen varemgi kusa-gil öelnud: minule ja minu põlvkonna ehitusinseneridele on professor Laul olnud ja jäänud suureks eeskujuks, omamoodi ideaaliks – sümboliks, kusjuures tegelikuses ei pruugi see ideaal ollagi nii suur ja nii puhas, nagu me seda usume. Aga meie usume seda siiski.

Varem ilmunud: Mõtteid Heinrich Laulust : sõnavõtt akadeemik Heinrich Laulu mälestus-seminaril 20. septembril 2000 TTÜs // Tallinna Tehnikaülikooli aastaraamat 2000. Tallinn, 2001, lk. 266–268.



Heinrich Laul prof. Johannes Aarega lauatenist mängimas. Allikas TTÜ ehitusteaduskonna ehitiste projekteerimise instituudi arhiiv



Prof. Heinrich Laul TPI kolleegidega väljasõidul. Allikas TTÜ ehitusteaduskonna ehitiste projekteerimise instituudi arhiiv

Heinrich Laul kui mitmekülgne isiksus

Valdek Kulbach

2010. aasta on märkimisväärne TTÜ ehitusteaduskonna ning ehitiste projekteerimise instituudi ja selle eelkäijate tähtpäevade mõttes. 70 aasta eest moodustati seniste laboratooriumide baasil kateedrid, 35 aasta eest eraldus ehitusmaterjalide kateeder ehituskonstruksioonide kateedrist (viimane eraldus endisest ehitusmehaanika ja -konstruksioonide kateedrist juba 1951. aastal). Teaduskonna mitmel endisel professoril, dotsendil või dekaanil täitus juubeli tähistamist vääriv vanus. 2010. aastal täitus 100 aastat legendaarse professori ja dekaani akadeemik Heinrich Laulu sünnist. Käesolev kirjutis on mõneti episoodiline, nagu ka H. Laulu ja kirjutise autori erialased suhted (autori metallkonstruksioonide eriala H. Laulu raudbetooni eriala suhtes). Artikli autoril oli au saada H. Laulu järglaseks ehituskonstruksioonide kateedri juhataja ametikohal 1975. aastal. Tuleb ära märkida ka H. Laulu soosivat suhtumist artikli autori tegevusse. Selle kinnituseks on omavaheistel jutuajamistel autorile usaldatud konfidentsiaalsed andmed. Käesoleva kirjutise pealkiri on küll väga laiahaardeline, kuid peatähelepanu selles koondub siiski H. Laulu erialasele tegevusele.

1930ndatel aastatel võttis H. Laul tehnikuna osa paljude elamute, kohvikute, spordi- rajatiste ja tööstusobjektide projekteerimisest ja ehitamisest. 1934. aastal astus ta Tartu Ülikooli tehnikaharusse (1934–1937 ei toimunud vastuvõttu TTÜ eelkäijasse, Tallinna kõrgemasse tehnikumi). 1935. aastal alustas ta assistendiametit professor Ottomar Maddisoni alluvuses. 1939. aastal (pärast lõpetamiste kolmeaastast vaheaega) lõpetas ta H. Oengo järel esimesena TTÜ ehitusteaduskonna (kiitusega) ning tõusis ülemassistendi seisusesse. H. Laul ei pidanud paljuks oma teadmiste täiendamist pärast insenerikutse omistamist lääneriikides arendatud uute arvutusmeetoditega. Oma ehitusinsenerist kolleegi, Tallinna Linna TSN TK konna juhataja kutsel võttis ta 1940. aastal siiski ootamatult vastu selle osakonna peainseneri ameti. Pärast punavägede väljatõrjumist Eesti piiridest töötas H. Laul Tallinna elektrijaama taastamistöde juhatajana. Taastamistöde

käigus õnnestus ühel seal töötaval sõjavangil puistata suhkrut betoonisegusse, mis viis sellest ehitatud tarindi varisemisele. Töö kommunaalmajanduse osakonnas nõukogude ajal (kuigi parteituna) ning eelnimetatud varing said aluseks H. Laulu süüdistamisele sabotaažis, mille tulemusel oli ta sunnitud viibima lühemat aega Saksa koonduslaagris. Vangistamisele aitas kaasa ka osakonna parteilasest juhataja fabritseeritud salakaebus nõukogudeaegse nn aktiivse poliitilise tegevuse kohta (nimetatud kaebuse jätsid juurdlust toimetanud eesti poltseinikud süüalusele tutvumiseks). Pärast koonduslaagrist vabanemist töötas H. Laul Maanteede Valitsuses sillainsenerina. See jätkus ka pärast nõukogude vägede uut sissetungi Eestisse. Sildadele järgnesid 1945. aastal "Estonia" teatrihoone taastamis- ja laiendustööd, mille käigus tuli lahendada arvukalt probleemseid küsimusi (k.a hoone ehitamise ajast pärinevad vead). Meelde on jäänud H. Laulu kiitvad sõnad taastamistöodel tegutsenud Saksa sõjavangide tööoskuse ja -tahtmise aadressil.

Juba "Estonia" taastamise ajal asus H. Laul jätkama oma lektoritööd TTÜ-s (sel ajal TPI-s) dotsendina. 1947. aastal kaitses ta ühena esimestest tehnikateaduste kandidaadi ning 1955. aastal Leningradi Teedeinseneride Instituudis (seal oli oma õppeja pedagoogitööd alustanud ka O. Maddison) tehnikateaduste doktori väitekirja. O. Maddisoni "mantlipärijaks" sai H. Laul ehitusteaduskonna dekaani ametikohal 1947. aastal ning ehituskonstruksioonide kateedri juhataja ametikohal 1950. aastal. Kohe pärast kateedrijuhataja ametikohale määramist asus H. Laul aktiivselt organiseerima kateedri teadustööd. Kõneainet tekitas ta esinemine kateedri koosolekul sõnadega: "Poisid, hakkame nüüd tööle". 1921. aastal sünnimaale naasnud prof O. Maddison oli Peterburis küll tegutsenud teoreetiliselt huvipakkuvate silla- ja vundamendiprobleemidega, kuid pidi siin ümber lülituma Eestile vajalike kohalike ehitusmaterjalide praktilisematele probleemidele. Väitekirjade kaitsmine polnud sõjaeelse Eesti tehnikaaladel populaarne, kuid sõjajärgsetel aastatel ellu viidud kõrgkoolisüsteem nõudis professori ametikoha täitmiseks teadusdoktori kraadi ja dotsendi koha täitmiseks kandidaadikraadi. H. Laulu algatusel lepiti kokku õppejõudude kraaditaotlemiseks sobivas teadustemaatikas, kolm hiljuti stuudiumi lõpetanud inseneri (teiste hulgas ka käesoleva artikli autor) suunati aspirantuuri selleaegses Leningradi Polütehnilises Instituudis. Kraaditaotlemiste käigus kujunes välja ehituskonstruksioonide kateedri uurimissuund, mille üldnimetuseks sai "Õhukeseseinalised ja ruumkonstruksioonid". Esimeseks nimetatud valdkonnas oli H. Laulu enda väitekiri, kus arendati välja rahvusvaheliselt tuntuks saanud nihkejõudude aproksimatsiooni meetod raudbetoonist silinderkoorikute sisejõudude määramiseks. Seda meetodit kasutasid mitmed H. Laulu aspirandid nii silinder- kui ka hüparkoorikute arvutamiseks. Seda meetodit rakendati Narva ja Viljandi mööblivabrikute ning tänase Välisministeeriumi külgsaali ja TTÜ

aulataguse auditooriumi katusekonstruktsioonide projekteerimisel. Ka muude õhukeseseinaliste ja ruumkonstruktsioonide alaste teadustööde tulemused leidsid kasutamist nii tegelikus ehitustegevuses kui ka õppetöös.

Selle suuna teadustööde hulka kuuluvad ka rippkonstruktsioonide alased uurimistööd. Ka siin oli initsiaatoriks Heinrich Laul. Nimelt tuli Tallinna laululava kõlaekraani rippkatuse lahendanud arhitekt Alar Kotli variant konkursil esikohale. Valitud lahenduse realiseeritavuse küsimuses pöördus A. Kotli H. Laulu poole, kes otsustas probleemi lahendamiseks kasutada mudelkatsetust. Sel ajal ilmusid maailma ehituspraktikasse esimesed sadulakujulised rippkatused. Laululava kõlaekraani töötamine on võrreldes tavalise rippkatusega tunduvalt keerukam, eeskätt toetamata esikaare tõttu. Mudelkatsetuse tulemused tõestasid siiski valitud lahenduse kasutamise võimalikkust. Ehitusvõimaluste ja -tähtaegade tõttu asendati esialgselt ette nähtud raudbetoonkaar osaliselt betooniga täidetud terastoruga. Meie laululava projekteerimis- ja ehituskogemust kasutasid käigult ära Leedu kolleegid, kes suutsid teha oma kopeeritud laululava ekraanile palju enam rahvusvahelist reklaami kui originaalprojekti autorid. Rahvamajanduse saavutuste näitusel Moskvas said Leedu projekteerijad väikese kuldauraha. Pärast meiepoolset protesti anti H. Laulule ja A. Kotlile näituse suur kuldauraha. Rippkonstruktsioonide (esialgu ainult rippkatuste) teoreetiliste ja eksperimentaaluurimiste alusel koostasid kateedri aspirandid kandidaadiväitekirju, käesoleva artikli autor kaitses 1972. aastal tehnikateaduste doktori väitekirja. H. Laul oli aktiivne teadustööde juhendaja, tema arvukate aspirantide teadustöö tulemused on viinud ca 25 kandidaadikraadi (vastab praegusele PhD kraadile) omistamisele.

Dekaanina oli H. Laul vastutulelik üliõpilasprobleemide lahendamisel. Väga head suhted kujunesid tal arhitektuuri eriala üliõpilastega, eriti dekaani algatusel 1945. aastal taastatud esimese vastuvõtu koosseisuga (1934. aastal lõpetati selle eriala üliõpilaste vastuvõtt "Vanas Tehnikumis"). Selle lennu arhitektid on meenutanud H. Laulu viimast loengut 1950. aastal järgmiselt: "isemoodi häälestatud, elevil, isegi pidulik – eriline loeng", või arhitektide tudengiõhtu kohta samal aastal: "Dekaan Heinrich Laul, meie suursõber, on muidugi ka platsis. Võtab klarneti – justkui üllatusena mängib meisterlikult "Vanaisa polka". Kahjuks lõpetati arhitektuuri eriala üliõpilaste vastuvõtt TPI-s alates 1949. aastast, kuna selleaegse kunstiinstituudi elushoidmiseks tuli leppida arhitektide õpetamisega tollases ENSV Tallinna Riiklikus Tarbekunsti Instituudis.

Lisaks 120 teaduspublikatsioonile on H. Laulu kontos arvukalt populaarteaduslike kirjutisi. Paljud neist on avaldatud 1986. aastal välja antud raamatus "Ehitusinsenerid TPI-st" ja TTÜ väljaandes "Meenutusi meie ehitustegevusest ja muustki" (autor H. Laul). Eriti tuleb alla kriipsutada 1960-ndatel aastatel tema algatusel välja

antud esimesi eestikeelseid ehituskonstruksioonide ala õpikuid-käsiraamatuid, mille raudbetooni käsitleva kahe köite autoriks on H. Laul ise. Ta on olnud paljude kandidaadi- ja doktoritööde ametlikuks oponendiks, kaitsmiskomisjonide liikmeks ja TPI ehitusteaduskonna väitekirjade kaitsmisnõukogu esimeheks. Ta organiseeris kateedri eriala rahvusvahelisi teaduskonverentse, olles mitmel juhul vastava organiseerimiskomitee esimeheks. 1961. aastal valiti H. Laul Eesti NSV Teaduste Akadeemia liikmeks. Alates 1970. aastast osales ta teadusalases koostöös Helsingi ja Tampere tehnikaülikoolidega. 1980-ndatel aastatel esitati H. Laulu kandidatuur Tampere Tehnikaülikooli audoktori kohale. Parteiorganite vastuseisu ja Moskva ministeeriumi kohaliku alternatiivkandidaadi esitamise tõttu jäi H. Laul sellest tiitlist ilma, kuid pärast H. Laulu surma valiti Tampere Tehnikaülikooli audoktoriks tema järglasena käesoleva artikli autor.

H. Laul oli mitte ainult tuntud teadusmees ja ülikooli õppejõud ning keerukate projektide koostaja, vaid ka ehitusala tunnustatud ekspert ja konsultant. Tema poole pöördusid Eesti ehitusinsenerid tavaliselt siis, kui oli tegemist valesti projekteeritud või vigaselt ehitatud konstruksioonidega. Paljudel juhtudel (Viru hotelli ehitamise ajal tulekahjus kahjustatud raudbetoon, Eesti SEJ masinasaali katusepaneelide pragunemine jms) leidis ta lahendusi, mis võimaldasid ära hoida konstruksioonide lammutamise. Nii teadus- kui ka inseneritegevuses oskas ta ikka leida optimaalseid lahendusi, mis sageli erinesid stereotüüpsetest. Arvestades ehituskonstruksioonide kateedri kogemusi konstruksioonide katsetamisel, tuli kateedril pärast sõja-aastatel korraldada arvukalt maantee- ja jalakäijatesildade katsetamisi. Selle tegevuse üldjuhiks oli enamasti H. Laul, kes leidis katsetuse läbi viimiseks sageli originaalseid lahendusi. Rääkimata maanteesildade koormamisest näiteks tankide kolonniga, kasutati tema algatusel Tartu raekojaesise jalakäijate silla koormamiseks veega täidetud tünne.

H. Laul oli väga heatahtlik ja hästi seltsiv inimene, olles aldis kõigele inimlikule. Tema heatahtlikkuse näideteks võib tuua omaaegse kateedrijuhataja O. Maddisoni eksami, kus eksamineerijateks olid ka dots H. Oengo ja H. Laul; üliõpilased valisid võimaluse korral eksamineerijaks tema heatahtlikkuse tõttu ikka H. Laulu. Teiseks näiteks võiks olla tema sekkumine O. Maddisoni raskesti põhjendatud E. Kuuskmaa eksamineerimisel aset leidnud vihapurske leevendamiseks. Ta korraldas mitmeid teaduskonna õppejõudude kokkutulekuid, kuhu kutsus esinema tuntud muusikuid või ehitusjuhte. Kateedri omaaegsed liikmed meenutavad tänaseni H. Laulu juubelisünnipäevade meeldivat tähistamist juubilar kodu või suvilas. Ta oli tuntud mitmekülgse sportlasena, kes teaduskonna dekaanina arendas aktiivselt ka üliõpilassporti. H. Laul oli kodu muusikaküsimustes, olles ise võimeline mängima nii mitmeid keel- kui ka puu- ja vaskpille. Kuigi ta oli auahne ja

võis küllalt halvasti reageerida kaotusele pallimängudes või bridžilauas, ei keeldunud ta olemast mängukaaslaseks üliõpilaste seltskonnas. Käesoleva kirjutise autor koostas koos rühmakaaslastega oma diplomiprojekti TPI ruumides Toompeal, kus H. Laul oli juhendajana sagedane külaline. Ta ei öelnud ära osalemisest bridžimängus koos diplomitööde koostajatega. H. Laulu iseloomustab omapärane huumoritaju. Tema tüüpiline vastus inimese näiteks 60-aastase vanuse kohta oli: "Aga mina arvasin, et Te olete alles 59-aastane". Või järgmine näide: ühel kateedri teaduskoosolekul esines firma "Desintegraator" omaaegne juht Johannes Hint ettepanekuga tsemenditööstuse asendamisest silikaatbetooni (tema järgi silikaltsiiti) tootva tehasega. Selle peale ütles H. Laul: "Kuule Johannes, nii palju peaks tsementi siiski tootma, et seda jätkuks hambaplommideks, pead Sa ju autoklaavi ei pista". Või konstateering, kui O. Maddison sisenes vastotatud autosse "Moskvitš": "Professor, teie istumine autosse on nagu ujumistrikoo selgatõmbamine". Ka H. Laul ise hankis isikliku auto ("Žiguli") suhteliselt vanas eas, kuid talle ei meeldinud istuda roolis; igal võimalusel palus ta rooli istuda mõnel oma nooremal kolleegil (näiteks ka käesoleva kirjutise autoril). Eriti halb oli tema läbisaamine nõukogude aja administratsiooni esindajatega, eriti parteifunktsionääridega. Ta ei hoidunud partei (sageli normaalses mõttes mõttetute) ettevõtmiste kritiseerimisest ega provokatiivsete küsimuste esitamisest avalikel koosolekutel ja kokkusaamistel. H. Laulu nõukogude korra suhtes teatavale vaenulikkusele vaatamata omistati talle 1974. aastal Eesti NSV teenelise teadlase aunimetus, ta oli kahekordne Nõukogude Eesti preemia laureaat, korduvalt oli teda autasustatud tolleaegse Ülemnõukogu Presiidiumi aukirjaga, rääkimata näitusemedalitest.

Heinrich Laul elab oma õpilaste ja kolleegide mälestuses kui üks TTÜ ehitusteaduskonna suurkujudest, kes on jätnud kustumatu jälje teaduskonna arenguloosse, aga ka väga mitmekülgse isiksusena mitte ainult tehnika-, vaid ka humanitaaraladel.

Heinrich Laulust

Allan Sumbak

Professor Heinrich Lauluga kohtusin esmakordselt 61 aastat tagasi. Oli 1949. aasta septembri algus, kui verivärsk üliõpilane Allan Sumbak kutsuti ehitusteaduskonna deканаati ja dekaan, tollal veel dotsent Heinrich Laul teatas, et on mind määranud õpperühma E-11 vanemaks ja selgitas minu kohustusi ja ülesandeid. Edasised kokkupuuted olid üldiselt põgusad, piirdudes õpperühmaga sidepidamisega.

Hiljem oli ka kaks üsna tõsist kohtumist, kus professor H. Laul teatas, et marksismi-leninismi kateedri juhataja nõuab temalt rühmavanema väljavahetamist usaldusväärsema vastu. Need vestlused olid väga avameelsed ja usalduslikud. Teisel vestlusel soovitas ta mul tulevikus olla ettevaatlikum, sest ka tal endal on pingelised suhted sama kateedriga. Mis puutub rühmavanema vahetamisse, siis seda ta ei kavatsegi teha, sest ta pole parteilane ja ei pea nende nõudeid täitma.

Olulisemad kontaktid H. Lauluga algasid tema raudbetoonkonstruktsioonide loengutega ning diplomprojekti ja dissertatsioonitöö juhendamisega.

(Tollal käidi ka loengute taset kontrollimas. Marksismi-leninismi kateedri poolt korraldatud kontrolli hinnang prof. Laulu loengule oli: "Teaduslik-tehniliselt väga kõrgel tasemel, ideelis-poliitiliselt allpool igasugust arvestust". Raudbetoonkonstruktsioonide marksistlik kontroll!?).

Juhendaja prof. H. Laul andis minule töö teema ja uuringu üldsuuna. Töösse ta tavaliselt otseselt ei sekkunud, küsis vahetevahel töö edenemise ning tekkinud probleemide ja küsimuste kohta. Esimene mahukas ja ilmselt ka kõige tähtsam koostöö prof. H. Lauluga oli Tallinna laululava konstruktiivne modelleerimine. Laululava sünnilugu sai alguse sellest, et arhitekt Alar Kotli oli võitnud laululava ideekavandite konkursi ja tuli prof. H. Laulu juurde laululava väikese mudeliga (arvatavasti 1958. a.). Mudeli kaared olid valmistatud papist ja kandetrossid niitidest. Küsimusele, kas sellist konstruktsiooni on võimalik ehitada, vastas prof. H. Laul, et ta ei oska seda kohe öelda ja vajab mõtlemisaega. Tollal olid maailmas mõned sellised kahest kaarest ja nendevahelistest kandetrossidest ehitatud,

kuid neil olid mõlemad kaared toetatud postidele või seintele, siin oli aga esikaar esmakordselt maailmas vabalt seisev, ilma igasuguste tugegeta. Mõne aja pärast teatas prof. H. Laul, et sellise konstruktsiooni ehitamine on ilmselt võimalik, kuid puudub vajalik arvutusmeetodika. Seejuures oli olukord küllalt komplitseeritud. Tuli tagada vabalt seisva esikaare kandevõime ja samaaegselt ekraani õige kuju (ligilähedane hüperboolsele paraboloidile) mitmesugustel koormuskombinatsioonidel (omakaal, lumi, tuul). Seetõttu tegi prof. H. Laul mulle ülesandeks valmistada vastav konstruktiivne mudel ja määrata eksperimentaalselt kaarte koormused ja trosside optimaalsed eelpingejõud. Nii esi- kui ka tagakaare möödud oli prof. H. Laul eelnevalt määranud ligikaudsete arvutuste abil ja nendest lähtuti ka modelleerimisel. Katsetamisel selgus, et valitud möödud olid sobivad ja jäid samaks ka projektis. Modelleerimisel, nähes, et töö kulgeb normaalselt, ta eriti ei sekkunud. Vahetevahel kontrollis ta modelleerimistegureid diferentsiaalvõrrandite tasemel. Kuna mudeli valmistamine ja katsetamine toimus prof. H. Laulu kabineti ees paiknevas ruumis, siis tuli mul temaga sageli mängida lauatennist. Enamasti võitis prof. H. Laul. Muide ta kasutas omapärast nn. hiina reketihoidu, millega võis vastast sageli üllatada.

Tal oli väga palju huvialasid – muusika, sport, lauatennis, keeled. Nii organiseeris ta innukalt kateedri osavõttu ülikooli iga-aastasest spartakiaadist ja osales sellel aktiivselt ka ise. Spartakiaadi võitis meie kateeder kolm aastat järjest. H. Laulu initsiatiivil toimusid kateedri traditsioonilised jaanipäevad minu sünnikodus Tallinna lähedal Tutermaal. Hiljem, kui tal valmis suvila Laulasmaal, korraldas ta seal igal aastal vanematele kolleegidele oma sünnipäevapeo, kus ta ise mängis kitarri ja kus söödi suitsulesta.

Põhiliseks malepartneriks ülikoolis oli tal Enno Soonurm, kes oli H. Laulule võrdväärne vastane. Hiljem, kui aspirantuuri tuli Vello Hütsi, siis mängis ta hasartselt ka temaga. Kuna V. Hütsil oli males esimese järgu kvalifikatsioon, siis tekkis H. Laulul tema võitmisega raskusi ja iga kaotus tõi mõningase tujulanguse.

Professor H. Laul oli üleülikooliliselt tuntud koosolekutel väga teravmeelsete rep- liikide ja küsimuste esitajana. Ühel silikaltsiiti ülistaval seminaril, kus väideti, et sili- kaltsiit asendab tulevikus täielikult raudbetooni, mainis ta, et kõiki tsemenditeha- seid siiski sulgeda ei saa, sest hambaplommide jaoks on ikka tsementi vaja, pead ju autoklaavi ei pista.

Prof. Heinrich Laul koos dotsent Allan Sumbaku ja teiste TPI kolleegidega jooksuvõistluse stardis. Allikas TTÜ ehitusteaduskonna ehitiste projekteerimise instituudi arhiiv



Heinrich Laul kätelseisu tegemas. Allikas Heinrich Laulu arhiiv



Minu mälestusi professor Heinrich Laulust

Karl Öiger

Minu mälestused prof. Heinrich Laulust algavad aastast 1955, kui olin lõpetanud Tartu Ehitustehnikumi ja kavatsesin jätkata õpinguid Moskvas, Baumani-nimelises Kõrgemas Tehnikakoolis. Kuna olin 5% edasiõppimisele lubatute hulgas (teised pidid 3 aastat töötama suunatud kohas), siis pöördusin toleaege haridusministeeriumi komisjoni poole, et mind suunataks Moskvasse. Minu elulugu aga ei võimaldanud seda suunamist saada. Seetõttu üritasime koos paari koolivennaga astuda TPI ehitusteaduskonda. See õnnestus ja prof. Heinrich Laul dekaanina toetas ning isegi võimaldas mulle koha TPI parimas ühiselamus Lenini puiesteel.

Alguses läks rahulikult, kõva õppimisega sai ka üldainetest päris hästi jagu, mis küll tehnikumi lõpetanud poistel ja tüdrukutel väga lihtne ei olnud. Dekaaniga (H. Laul) ka erilisi seiklusi ei olnud, prof. Laulu loengud tulid hiljem. Siis aga, teisel kursusel, 1956. aasta sügisel tekkis kõva protest "komsomoolia" vastu ja (suur) tahtmine teha oma üliõpilaste ühing – korporatsioon. 11 ehitusteaduskonna üliõpilast, mina nende hulgas, kirjutasime vastava üleskutse teistele ülikoolidele ja saatsime samal õhtul-ööl laiali. Mitme ülikooli tudengite hulgas pääses lahti ootamatu reaktsioon. Kahjuks just samal ööl viidi Nõukogude väed Ungarisse, koos kõige sellele järgnevaga. No loomulikult pidi meie üleskutse olema "ameerika organiseeritud". Julgeolekuorganid, komsomoli- ja parteijuhid vintsutasid meid mitme kuu jooksul. Üks toleaege Eesti komsomolikomitee sekretäridest lubas töörahva vaenlased isegi seina äärde panna ja ... Kuid lõpuks meid välja ei visatud. Milline oli selles dekaani professor Laulu roll? Kahju, et hiljem seda kunagi temalt ei küsinud, aga arvan, et see oli olemas, nagu ka mõnel teisel juhul, (näiteks füüsikaõppejõu Georg Metsa protsessis). Prof. Mets oli väga range ja nõrgemad tudengid kaebasid, et ta ei lase eksamil läbi, kui komsomolimärk on rinnas – (professorist taheti lihtsalt lahti saada). Selle küsimuse arutelul aulas prof. Laul, kes teadis et komsomolisekretär oli hea üliõpilane ja sai ka füüsikas kõrge hinde, küsis, kas ta võttis komsomoli-

märgi rinnast, kui läks prof. Metsa juurde eksamile. Kui sekretär vastas, et ei, siis prof. Laul tänas ja ütles, et asi on selge ja sellega kogu lugu lõppeski.

Kui lõpuks algasid erialaloengud, sh prof. Laulu raudbetooniloengud, oli tehnikumist tulnutel juba kergem, midagi oli juba varem õpitud. Minule meeldisid tema loengutes praktikast toodud näited, eriti tehtud vigadest. Mõned asjad sööbisid mällu ja on meeles siiani. Eksamil ei olnud ta kunagi kiuslik, ega üritanud tudengi lintšimisega prestiiži saavutada. Ta oli niigi üliprestiižne! Diplomitööde kaitsmisel oli tollal kaitsmiskomisjoni liige ka akadeemik O. Maddison, kes oli küllalt kõrges eas (ning sageli ei saanud diplomand tema küsimustest aru). Kõik kartsid Maddisoni segaseid küsimusi. Sel juhul prof. Laul tavaliselt kiirelt täpsustas, mida akadeemik võis küsimusega mõelda (kuigi Maddison võis mõelda hoopis midagi muud). Õnneks prof. Maddison oma küsimusi ei korranud.

Peale TPI lõpetamist 1960. aastal saadeti mind tööle Tallinna Ehitustrusti, kust mind omakorda suunati sellele alluvasse asutusse – Tallinna Raudbetoonitööstuse Tehasesse ja hiljem Elamuehituskombinaati. Ehitustööde käigus tuli vahetevahel ette probleeme, nagu elementide või hoone ülemäärased deformatsioonid, praod jne, mida oma insenerid ei osanud või ei julgenud lahendada. Ikka pööruti abi saamiseks ehituskonstruksioonide kateedri poole. Enamasti tegi lõppotsuse prof. Laul ja lahendus sündis kiiresti. Probleemidest üle olla ja julgeid lahendusi otsida saab ikka siis, kui on sügavad teoreetilised teadmised ja head praktilised kogemused, mille pinnal tekibki nn inseneri intuitsioon, tühjalt kohalt see ei teki.

Peale kuut aastat Elamuehituskombinaadis tekkis kange tahtmine õpinguid jätkata ja nimelt koorikute alal, mille prof. Laul oli nii huvitavaks ja prestiižseks teinud. Suure ettevõtte peatehnoloogi kohal oleks see olnud võimatu. Seetõttu mõtlesin, et lähen väiksema asutuse peainseneri kohale, sest seal oleks aega kandidaaditööga tegeleda. Suurte probleemidega sain lõpuks töökoha vahetatud. Läksin TPI-sse prof. Laulu juurde ja rääkisin, et sooviksin koorikute alal õpinguid jätkata ja kandidaaditööd teha. Laul vastas, et sellel alal ei tule töö kõrvalt mitte midagi välja. Astusingi 1967. aastal aspirantuuri, mida toetas ka prof. Laul. Tal oli õigus, töö kõrvalt kandidaaditööd ei oleks teha jõudnud. Heinrich Laul oli minu ametlik juhendaja, kuid kuna teemaks oli rippkonstruktsioon, siis tegelikult juhendajaks sai Valdek Kulbach. Samas prof. Laul kontrollis aeg-ajalt asjade käiku ja võttis vastu ka erialaeksami. Eksamil ta imestas, et kust ma nii hästi kõrgemat matemaatika tean. Vastasin, et Elamuehituskombinaadi ajal pidin peatehnoloogina alati osa võtma parteikoosolekutest, ehkki ise parteisse ei kuulunud ja samuti suurtest "planjorkadest". Need koosolekud olid üsna häälekad ja suuresti väheütlevad, aga mina istusin tagumistes ridades ja tegelesin meeldivama tegevusega, so matemaatikaülesannete lahendamisega.

Aspirantuuri ajal tegelesin suure rippkatuse mudeli katsetamisega ja vastava arvutusprogrammi väljatöötamise ning analüüsidega. Laulu meetod kandidaadi- või mõne muu uurimistöö tegemisel oli ikka tegeliku või mudelkonstruktsiooni katsetamine ja siis selle arvutus- või analüüsimeetodi väljatöötamine. Selline tegevus oli edukas, kuna teadsid kindlalt, kuidas uuritav objekt tegelikkuses käitub.

Ükskord H. Laul küsis, millises seisus töö on. Vastasin, et olemas on umbes pool miljonit katsetulemust ja teha on vaja veel palju. Laul käskis katsed kohe lõpetada, sest nahunii ma neid katseandmeid kasutada ei jõua. Eks tal oli jälle õigus. Lõpuks sai töö valmis ja ka kaitstud.

1970. a. läksin tööle EKE Projekti, kus jätkasin koos oma sõbra ja töökaaslase Märt Vaiguga uurimistöid, sedapuhku puitkoorikute ja liimpuitkonstruktsioonide alal. Tegime Heinrich Laulule ettepaneku, et puitkoorikute alal võiks vähemalt ühe kandidaaditöö teha. Algul ta kahtles, kas see on "dissertaabel", kuid siis toetas. Esimese sellise töö tema juhendamisel tegi ja ka kaitses Elmar Just. Hiljem sündis veel mitu selle ala dissertatsiooni, kus ta ka ise oli kaastegev.

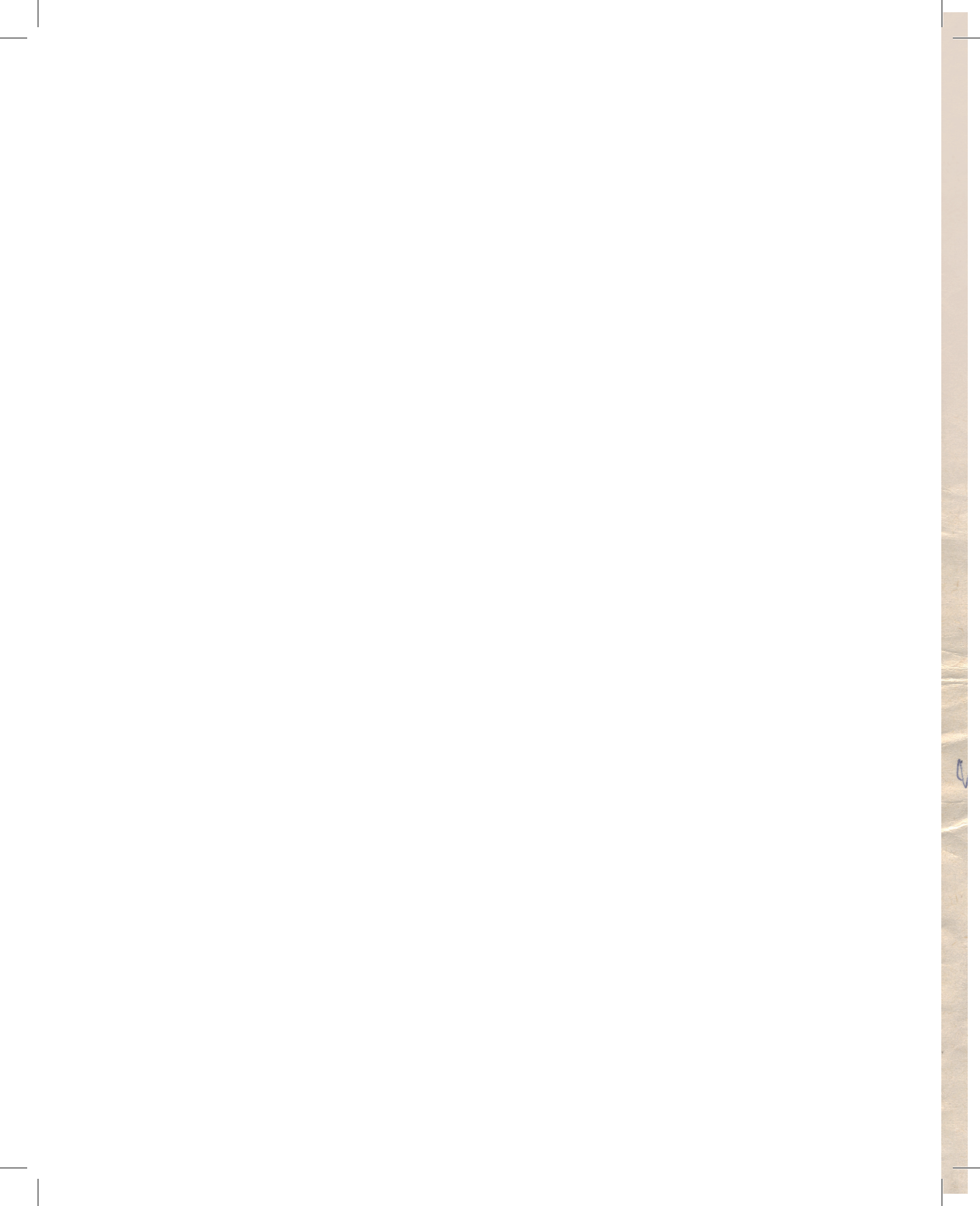
Aastal 1977 läksin prof. Valdek Kulbachi kutsel tööle TPI ehituskonstruktsioonide kateedrisse. Kateedrijuhataja oli endiselt prof. Laul. Eriti meelde jäävad olid kateedri koosolekud, kus arutati kõikvõimalikke maailmaasju. Laul jälgis ja kogus ajalehtedest eriti silmapaistvaid demagoogilisi artikleid, mis olid täis nõukogulikku valet ja tegi siis omi avaldusi. Need olid humoorikad väljaütlemised. Näiteks artikli peale, kus öeldi palju mingit toodet ühe inimese kohta NL-is toodetakse, vastas ta, et eks ühe sellise inimese suures NL-is ikka leiame, kelle kohta see kehtib. Vahel tülitas ta sellistest artiklitest tulenevate küsimustega ka marksismi-leninismi kateedri õppejõude, kes siis pidid üksjagu piinlikkust tundma. Näiteks kui kiruti, et vaesed rõhutud kodanikud peavad Haiiti diktatuuri eest põgenema primitiivsete paatide ja parvedega üle suure mere USA-sse, kus neid eriti sõbralikult vastu ei võeta, siis Laul küsis, et miks need inimesed ilmaasjata riskivad ja ei põgene lähedal olevale "Vabaduse saarele" (Kuuba).

Kandidaaditööde eelkaitsmistel Küberneetika Instituudis, meil kateedris või ka muudel teadusseminaridel istusid prof. Heinrich Laul ja akad. Nikolai Alumäe (kaks üliõpilaspõlve-aegset sõpra ja hilisemat kolleegi) esimeses reas, esitasid küsimusi ja hakkasid sageli omavahel küsimusi kõigile kuuldavalt arutama. Vahel läks vaidlus ka päris tuliseks. Saalis viibiv muu seltskond kuulas vaikselt ja vahele ei segatud. Kandidaaditööde kaitsmisel oli H. Laul üldiselt dissertanti toetav. Kui Nikolai Alumäele ei meeldinud, kippus ta ütleva teravusi. Eriti ei meeldinud talle, kui tööd ei osatud lühidalt kokku võtta. Ta ütles, et kogu selle töö oleks võinud ühel lehel kokku kirjutada, tõusis püsti ja läks välja.

Heinrich Laulu suhtumine tehnikasse, elusse üldse ja ka nõukogude võimu kujundas kogu kateedri suhtumise nendes küsimustes. Kateeder oli kraadide kaitsmise ja prestiiži poolest üks esimesi kogu TPI-s. Prof. Laul töötas 1950ndatel välja teravmeelse insenerimeetodi koorikute arvutamise analüüsi jaoks, nn nihkepinge-aproksimatsiooni meetodi, mis eriti hästi sobis silindriliste katusekoorikute arvutamiseks. Meetod oli hästi arusaadav ka seda kasutavale insenerile. See oli ühtlasi ka tema doktoritöö. Hiljem kasutati seda meetodit ka muude koorikute analüüsil, nagu kvaasisilindrilised ja isegi hüperboolsete paraboloidkoorikute puhul. Sellel alal kaitsti hiljem veel mitu kandidaaditööd.

Suur tähendus oli Heinrich Laulu juhendamisel alustatud eestikeelsete konstruktsioonialaste õpikute seeria kirjutamisel. Nende tähendus ei olnud ainult selles, et üliõpilastel ja praktiseerivatel Eesti inseneridel oli nüüd lihtsam õppida või projekteerida (õpikutes oli palju arvutus- ja konstrueerimise näiteid), vaid sellel oli suur tähendus ka eesti keele alalhoidmise ja arengu mõttes. H. Laul ise kirjutas kaheosalise raudbetoon- konstruktsioonialase õpiku, mis olid nii hästi koostatud, et kasutan neid vahel veel praegugi mõne küsimuse selgitamisel.

Ka oma 75. sünnipäeva tähistamisel ei saanud H. Laul huumorita läbi. Ta ütles, et peab vabandama nende inimeste ees, kes aastaid enne teda pidid "ära minema", selleks et keskmine eluiga Nõukogude Liidus paika jääks.





HEINRICH-WILHELM LAUL

05. august 1910, Tallinn – 16. aprill 1991, Tallinn

Haridus

- 1930 Tallinna Linna Poeglaste Humanitaargümnaasium, cum laude
- 1939 Tallinna Tehnikaülikool, konstruksioonide ja sildade ehituse eriala, *cum laude*
- 1947 Tallinna Tehnikaülikool, tehnikateaduste kandidaadi kraad
- 1955 Leningradi Raudteetranspordi Inseneride Instituut, doktoriväitekirja kaitsmine, mille alusel
- 1956 omistati tehnikadoktori teaduslik kraad ja ehituskonstruksioonide professori kutse

Teenistuskäik

- 1940–1941 Tallinna Linna TSN Täitevkomitee kommunaalmajandusosakond, peainsener
- 1941 sügis Tallinna Elektriijaama ehitusosakond, juhataja
- 1941–1942 sunnitöö Tallinna ja Ellamaa koonduslaagrites
- 1943–1944 Eesti Raudteede Valitsus, sildade insener
- 1944–1945 ENSV Siseasjade Rahvakomissariaadi Maanteede Valitsus, vaneminsener
- 1945–1947 ENSV Rahvakomissaride Nõukogu Arhitektuuri Valitsuse Projekteerimis-Planeerimiskeskus, staatika grupi juht

Teenistuskäik Tallinna Tehnikaülikoolis

- 1935–1940 ehitus- ja mehaanikateaduskond, assistent
- 1945–1946 ehitus- ja mehaanikateaduskond, õppeülesande täitja ja vanemõpetaja
- 1946–1947 ehitus- ja mehaanikateaduskond, dotsent
- 1947–1958 ehitusteaduskond, dekaan
- 1950–1975 ehitusteaduskond, ehituskonstruksioonide kateedri juhataja
- 1956–1984 ehitusteaduskond, ehituskonstruksioonide kateedri professor
- 1986–1991 ehitusteaduskond, ehituskonstruksioonide kateedri professor-konsultant

HEINRICH LAULU INSENERITÖÖD

Valik ehitisi, mille rajamise või rekonstrueerimisega Heinrich Laul kas konstruktori, projekterija, järelevalve teostaja või konsultandina seotud oli.

Enne II maailmasõda

Hotell „Palace“, Vabaduse väljak 3, Tallinn. Arhitekt Elmar Lohk, 1935–1936.

O/Ü „Elamu“ hoone, Pärnu mnt 8, Tallinn. Arhitekt Eugen Sacharias, 1936.

Kadrioru staadioni tribüün, Tallinn. Arhitekt Elmar Lohk, 1936–1937.

Maardu fosforiidivabriku rajatised, Tallinn ja Maardu. Koos professor Ottomar Maddisoni ja professor Hugo Oengoga, 1938–1939.

Teater „Vanemuine“ juurdeehitus, Tartu. Arhitektid Arnold Matteus, Elmar Lohk, 1937–1939.

Pärnu rannahotell. Arhitektid Olev Siinmaa, Anton Soans, 1935–1937.

Pärnu rannakohvik. Arhitekt Olev Siinmaa, 1938–1939.

Türi raadiojaama raudmast-antenn. Koos professor Ottomar Maddisoni ja insener Evald Vainoga, 1936–1937.

II maailmasõja ajal ning peale sõda

Nõmme suusahüppetorn, Tallinn. Koos insener Lantskiga, 1940–1941.

Tallinna Elektriijaama rekonstrueerimine, 1941

Teater „Estonia“ rekonstrueerimine, Tallinn. Arhitekt Alar Kotli, 1945–1947.

Tsemenditehas „Kukermiit“, Tallinn. Projekti autor Heinrich Laul, 1945–1948.

Teater „Võitleja“ rekonstrueerimine, Narva. Arhitekt August Volberg, 1945–1946. Teostamata.

Vabadussilla rekonstrueerimine, Tartu. Koos Hugo Oengoga, 1945–1946. Teostamata.

Kino „BI-BA-BO“ rekonstrueerimine, Narva. Arhitekt Friedrich Wendach, 1946. Teostamata.

Tallinna vana laululava rekonstrueerimine. Arhitekt August Tauk, 1946.

Tallinna Filterveevärgi pumbamaja rekonstrueerimine. Koos insener Arnold Taremäega, 1946.

Tallinna Riikliku trükikoja rekonstrueerimine, 1946.

Tallinna uus laululava. Arhitekt Alar Kotli, 1957–1960.

Mööblivabrik, Narva. Arhitekt Maimu Kaarnaväli, konstruktorid Gunnar Nurmet, Ülo Tärno, 1960–1962.

ARTIKLID HEINRICH LAULU KOHTA

1. ENSV Ülemnõukogu Presiidiumi seadlus 12. üldlaulupeo kollektiivide juhtide ja korraldajate autasustamise kohta Eesti NSV Ülemnõukogu Presiidiumi aukirjaga. ... Laul, Heinrich, Arhitektuurivalitsuse insener // Noorte Häääl (1947) 20. juuli.
Sama // Rahva Häääl (1947) 20. juuli.
2. Kaks uut tehniliste teaduste kandidaati : [TPI-s kaitsesid kandidaadiväitekirju H. Laul ja L. Tepaks] // Rahva Häääl (1947) 19. juuni.
3. Kard, H. Dotsendid H. Laul ja L. Tepaks – tehniliste teaduste kandidaadid // Noorte Häääl (1947) 21. juuni.
4. Алин, А. Защита диссертаций на соискание ученого звания : [X.X. Лауль] // Советская Эстония (1947) 6 июля.
5. Kallas, H. Au sotsialistliku töö eesrindlasele : [Nõukogude Eesti II preemia H. Laulule töö eest "Koormiste lahutamise meetodi rakendamine elastsetele ribidele toetuvate plaatide arvutamisel"] // Tehnika. Populaar- ja rakendusteaduslik kogumik (1949) 3, lk. 34-35: portr.
6. Nõukogude Eesti preemiate määramine väljapaistvate saavutuste eest ENSV rahvamajanduse ja kultuuri alal. I. Teaduste alal. Teine preemia: Heinrich Hendriku p. Laulule, tehniliste teaduste kandidaadile, TPI ehitusmehaanika ja konstruktsioonide kateedri dotsendile, teadusliku töö eest "Koormiste lahutamise meetodi rakendamine elastsetele ribidele toetuvate plaatide arvutamisel" // Noorte Häääl (1949) 20. juuli.
Sama // Rahva Häääl (1949) 20. juuli.
7. Nõukogude Eesti preemia saajaid : [H. Laul, II preemia teaduse alal] // Pilt ja Sõna (1949) 8, lk. 2.: fot.
8. В Совете министров Эст. ССР. О присуждении премий Советской Эстонии за выдающиеся достижения в области народного хозяйства и культуры Эстонской ССР. I. В области науки. Вторая премия: Лауль X.X., кандидату техн. наук, доценту кафедры строительной механики и конструкций ТПИ за научный труд "Применение метода распределения нагрузки при вычислении пластин, опирающихся на эластичные ребра" // Советская Эстония (1949) 27 июля.

9. Luige, A. Uusi teaduslikke kraade meie õppejõududele : [H. Laul kaitses Leninigradis doktori väitekirja "Raudbetoonsilindriliste koorikute ja tahkkandjate arvutus ning projekteerimine"] // Tallinna Polütehnik (1955) 10. märts.
10. Луиге, А. Присуждение научных степеней нашим преподавателям : [Х. Лаул защитил докторскую диссертацию] // Таллинский политехник (1955) 10 марта.
11. Kaal, E. Et laul kõlaks võimsalt ja puhtalt : [jutuajamine Tallinna laululava projekti autori arhitekt A. Kotliga ja TPI professori H. Lauluga] // Õhtuleht (1959) 9. dets.
12. Professor Heinrich Laul : [50. sünnipäeva puhul] // Tallinna Polütehnik (1960) 29. sept.: portr.
13. [Autobiograafia seoses ENSV TA korrespondentliikmeks valimisega] // Eesti NSV Teaduste Akadeemia toimetised. Füüsika, matemaatika ja tehnikateaduste seeria = Известия Академии наук Эстонской ССР. Серия физико-математических и технических наук. 10 (1961) 1, lk. 78-79: portr.
Rööptekst vene keeles.
14. EKP Keskkomitee, ENSV Ministrite Nõukogu. Nõukogude Eesti preemiate määramise kohta väljapaistvate tööde eest teaduse, tehnika, tootmise, kirjanduse ja kunsti alal. Teaduse, tehnika ja tootmise alal. Autorite kollektiivile – ... H. Laul... tööde kompleksi eest Tallinna laululava, lauluväljaku ja lillepaviljoni loomisel // Noorte Hääl (1965) 20. juuli.
Sama // Rahva Hääl (1965) 20. juuli.
Sama // Õhtuleht (1965) 20. juuli.
Sama // Sirp ja Vasar (1965) 23. juuli.
Sama // Tehnika ja Tootmine (1965) 8, lk. 337.
15. ENSV Ülemnõukogu Presiidiumi seadlus Eesti NSV tööstuse, põllumajanduse ja kaubandusala eesrindlaste ning teaduse ja kultuuri alal töötajate autasustamise kohta NSVL ordenite ja medalitega. Vabariigi rahvamajanduse, teaduse ja kultuuri arendamises saavutatud edu eest autasustada medaliga "Töövapruse eest" Laul, Heinrich Hendriku p. – TPI kateedrijuhataja // Tallinna Polütehnik (1965) 12. okt.
Sama // Rahva Hääl (1965) 9. okt.
16. В Центральном Комитете КП Эстонии и Совете министров Эстонской ССР. О присуждении премий Советской Эстонии за выдающиеся труды в области

- науки, техники, производства, литературы, искусства. В области науки... Коллективу авторов – Лауль Х.Х. и др. – за комплекс работ по созданию певческой эстрады, Певческого поля и павильона цветов в Таллине // Советская Эстония (1965) 20 июля.
17. Tiits, M. Lahenduse andis TPI ehituskonstruksioonide kateeder : [eesotsas kateedri juhataja H. Lauluga] // Õhtuleht (1968) 16. jaan.
18. Alumäe, N. Heinrich Laul – 60, ehk, Mis ta nüüd ette võtab? // Tallinna Polütehnilise Instituudi toimetised. Seeria A = Труды Таллинского политехнического института. Серия А. № 296. Строительные конструкции и строительная физика. Х. Таллин, 1970, с. 3-4.
19. Autasustamisi : [ENSV Ülemnõukogu Presiidiumi aukiri TPI ehituskonstruksioonide kateedri juhatajale ENSV TA korrespondentliikmele H. Laulule] // Rahva Hääl (1970) 5. aug.
Sama // Sirp ja Vasar (1970) 7. aug.
Sama // Tallinna Polütehnik (1970) 4. sept.
20. EKP Keskkomitees ja Eesti NSV Ministrite Nõukogus. Nõukogude Eesti preemia määramisest väljapaistvate tööde eest teaduse, tehnika, tootmise, kirjanduse ja kunsti alal. Teaduse, tehnika ja tootmise alal. 5. Autorite kollektiivile – H. Laul jt. – teoste sarja "Ehituskonstruksioonid" eest // Hoorte Hääl (1970) 20. juuli.
Sama // Rahva Hääl (1970) 20. juuli.
Sama // Õhtuleht (1970) 20. juuli.
21. Korrespondentliige Heinrich Laul 60-aastane // Eesti NSV Teaduste Akadeemia toimetised. Füüsika. Matemaatika = Известия Академии наук Эстонской ССР. Физика. Математика = Proceedings of Academy of Sciences of the Estonian SSR. Physics. Mathematics. 19 (1970) 4, lk. 503-504: portr.
Rööptekst vene keeles
22. В Центральном Комитете КП Эстонии и Совете Министров Эстонской ССР. О присуждении премий Советской Эстонии за выдающиеся труды в области науки, техники, производства, литературы, искусства. В области науки... 5. Коллективу авторов: Лаул Х.Х. и др. – за сборнике изданий "Строительные конструкции" // Советская Эстония (1970) 19 июля.
23. Heinrich Laul – 60 // Ehitus ja Arhitektuur (1971) 1, lk. 50: portr.

24. Laul, Heinrich : [temast] // ENE : Eesti nõukogude entsüklopeedia. 4. köide, Kirv – Maa. Tallinn, 1972, lk. 369: portr.
25. Autasustamisi : [ENSV teenelise teadlase aunimetus H. Laulule] // Õhtuleht (1974) 2. nov.
Sama // Sirp ja Vasar (1974) 7. nov.
26. Eesti NSV Ülemnõukogu seadlus sm.-le E. Kullile ja H. Laulule Eesti NSV teenelise teadlase aunimetuse andmise kohta // Rahva Hääl (1974) 2. nov.
27. Указ Президиума Верховного Совета ЭстССР “О присвоения Куллю Э.В. и Лаулу Х.Х. почетного звания заслуженного деятеля науки Эстонской ССР” // Советская Эстония (1974) 2 ноября.
28. Heinrich Laul – 70 // Horisont (1980) 8, lk. 45.
29. Paal, A. Teenekas teadlane. Professor Heinrich Laul – 70 // Rahva Hääl (1980) 5. aug.
30. Autasustamisi : [kauaaegse viljaka teadusliku ja pedagoogilise töö ja aktiivse ühiskondliku tegevuse eest Eesti NSV Ülemnõukogu Presiidiumi aukiri Heinrich Laulule tema 70. sünnipäeva puhul] // Rahva Hääl (1980) 5. aug.
31. Paal, A. Prof. Heinrich Laul 70 : [ehituskonstruktsioonide eriteadlane] // Kodumaa (1980) 30. juuli, lk. 7.
32. Heinrich Laul – 70 // Tehnika ja Tootmine (1980) 8, lk. 45.
33. Хейнрих Хендрикович Лаул // Tallinna Polütehnilise Instituudi toimetised = Труды Таллинского политехнического института. № 488. Строительные конструкции. XX. Таллин, 1980, с. 3-6: портр.
34. Tärno, Ü. Raudbetoonkoorikute uurimine Eestis : [uurimissuuna rajaja H. Laul] // Tallinna Polütehnilise Instituudi toimetised. № 565. Kõrgema tehnilise hariduse ja tehnilise mõtte areng Eestis. Tallinn, 1983, lk. 149-161.
35. “Sirp ja Vasar” 1984. aasta laureaadid : [üks autoripreemiatest prof. Heinrich Laulule] // Sirp ja Vasar (1984) 28. detsembr.: portr.
36. Kaks küsimust laureaatile : [küsimustele vastavad ajalehe “Sirp ja Vasar” 1984. a. laureaadid: ... H. Laul ...] // Sirp ja Vasar (1985) 4. jaan.
37. Tärno, Ü. Õhukeseseinaliste raudbetoonkoorikute uurimiskoolkonnast (prof. H. Laulu koolkonnast) TPI-s. // Tehnilise mõtte ja tehnikahariduse ajaloo probleeme Eestis. 2. Teadusuuringud. Tallinn, 1985, lk. 193-145.
38. Paal, A. Professor Heinrich Laul – 75 // Rahva Hääl (1985) 4. aug.: portr.

39. [Kauaaegse viljaka teadusliku ja pedagoogilise töö eest autasustas Eesti NSV Ülemnõukogu Presiidium 2. augustil oma aukirjaga TPI ehituskonstruktsoonide kateedri professorit Eesti NSV teenelist teadlast Heinrich Lauulu tema 75. sünnipäeva puhul] // Rahva Hää (1985) 4. aug.
40. Laul, H. Ons võimalik elada cum laude? : [TPI ehitusteaduskonna professor Heinrich Laul oma õpinguaastatest ja töödest TPI-s] // Õhtuleht (1985) 18. okt.: fot.
41. Лаул, Х. Скрипичный ключ в строительную науку // Вечерний Таллин (1985) 18 окт.: фот.
42. Heinrich Laul : tehnikadoktor, professor // Ehitusinsenerid TPI-st. Tallinn, 1986, lk. 203: portr.
43. Laul, Heinrich : [vastused 3 küsimusele TPI kohta] // Horisont (1986) 10, lk. 21.
44. Laul, H. Elada cum laude : [TPI prof. Heinrich Laul] // Ehitus ja Arhitektuur (1986) 1, lk. 12-13.
45. Soonurm, E. Heinrich Laul – 80 // Tehnika ja Tootmine (1990) 8, lk. 33: portr.
46. Laul, Heinrich : [temast] // EE : Eesti entsüklopeedia. 5, Konj-lõuna. Tallinn, 1990, lk. 429: portr.
47. Heinrich Laul : [in memoriam] // Rahva Hää (1991) 24. apr.: portr.
48. Professor Heinrich Laul (05.08.1910–15.04.1991) // Tehnikaülikool (1991) 14. okt.
49. Eesti Ehitusinseneride Liidu esinduskogus : [liidu esimeseks auliikmeks nimetati professor H. Laul] // Tehnika ja Tootmine (1992) 4, lk. 45.
50. Kulbach, V. Tallinna Tehnikaülikooli ehitusteaduskonna suurkujud : [O. Maddison, L. Jürgenson, H. Laul] // Insenerikultuur Eestis I. Tallinn, 1992, lk. 58-62.
51. Otsmaa, V. Mõtteid Heinrich Lauulust : sõnavõtt akadeemik Heinrich Lauulu mälestusseminaril 20. septembril 2000 TTÜs // Tallinna Tehnikaülikooli aastaraamat 2000. Tallinn, 2001, lk. 266-268.
52. Tärno, Ü. Pool sajandit professor Heinrich Lauulu raudbetoonkoorikute koolkonnas // Tallinna Tehnikaülikooli aastaraamat 2003. Tallinn, 2004, lk. 34-40.

HEINRICH LAULU TRÜKIS AVALDATUD TÖÖD

1946

1. Pinnase kui ehitusaluse uurimisest ENSV-s // Tehnika. Eesti Teaduslike Insener-Tehniliste Ühingute teaduslik-tehnilised tööd (1946) 1, lk. 11-14.

1947

2. Koormiste lahutamise meetod ja selle rakendamine anumate hüdrostaatiliselt koormatud seinte ribiplaatide arvutamisel. Dissertatsioonitöö kandidaadi teadusliku kraadi taotlemiseks. Tallinn, 1947. 91 lk.
Masinkiri
3. Raudbetoon-anumate seinaplaatide arvutamisest // Teaduslik-tehniline kogumik (1947) 7, lk. 626-633: joon.
4. Raudbetoon-paindevarraste arvutus põikjõule vastavalt NSV Liidu 1942. a. normidele // Teaduslik-tehniline kogumik (1947) 5, lk. 421-427: ill.
5. RT "Estonia" taastamisprojekti insenerlik osa // Tehnika. Eesti Teaduslike Insener-Tehniliste Ühingute teaduslik-tehnilised tööd (1947) 3, lk. 184-190: ill.

1948

6. Märkmeid Tallinna uue südalinna pinnase kohta // Teaduslik-tehniline kogumik (1948) 9, lk. 15-20: ill.
7. Teine Leningradi betooni ja raudbetoon-konstruktsioonide konverents : [24.-27. dets. 1947. a.] // Teaduslik-tehniline kogumik (1948) 10, lk. 3-8.

1949

8. Koormiste lahutamise meetod plaatide arvutamisel. Tartu, 1949. 48 lk. – Bibliograafia 10 nim. (Tallinna Polütehnilise Instituudi toimetised = Труды Таллинского политехнического института. № 32).
Резюме: Метод разложения нагрузки при расчете тонких плит.
9. Monteeritavast raudbetoonist // Tehnika. Populaar- ja rakendustehniline kogumik (1949) 2, lk. 8-13: ill.

1950

10. Moskva paljukorruselitest hoonetest // Tehnika. Populaar- ja rakendustehniline kogumik (1950) 4, lk. 5-13: joon.

11. Omandame ehitusinseneri eriala // Noorte Hääl (1950) 8. juuli.
12. Применение метода Кастильяно-Ритца к расчету длинных цилиндрических оболочек. Таллин, 1950. 26 с. – Библиография 12 назв. (Tallinna Polütehnilise Instituudi toimetised. Seeria A = Труды Таллинского политехнического института. Серия А. № 33).

1951

13. Расчет длинных цилиндрических оболочек при антисимметрической нагрузке по методу Кастильяно-Ритца. Таллин, 1951. 35 с. – Библиография 10 назв. (Tallinna Polütehnilise Instituudi toimetised. Seeria A = Труды Таллинского политехнического института. Серия А. № 35).

1952

14. Diplomitööd on tihedalt seotud eluga : [TPI ehitusteaduskonnas] // Õhtuleht (1952) 29. märts.
15. Применение метода Кастильяно-Ритца для расчета длинных цилиндрических оболочек со стрингерами. 1. Расчет оболочки с опертым бортовым элементом. 2. Таллин, 1952. 32 с. – Библиография 4 назв. (Tallinna Polütehnilise Instituudi toimetised. Seeria A = Труды Таллинского политехнического института. Серия А. № 39).

1953

16. Расчет цилиндрических оболочек с криволинейными частями, очерченными по окружности. Таллин, 1953. 61, [1] с. – Библиография 11 назв. (Tallinna Polütehnilise Instituudi toimetised. Seeria A = Труды Таллинского политехнического института. Серия А. № 50).
17. Цилиндрические железобетонные оболочки с трещинами в растянутой зоне. 1. Цилиндрические железобетонные оболочки с предварительно напряженной арматурой. 2. Таллин, 1953. 43 с. – Библиография 7 назв. (Труды Таллинского политехнического института. Серия А. № 45).

1954

18. Tallinna Polütehnilise Instituudi ehitusteaduskond uue vastuvõtu eel // Noorte Hääl (1954) 13. juuni.

19. О расчете призматических складчатых конструкций. Таллин, 1954. 24, [4] с. – Библиография 8 назв. (Труды Таллинского политехнического института. Серия А. № 56).
20. Расчет железобетонных цилиндрических оболочек средней длины и призматических складок : автореферат ... доктора технических наук. Таллин, 1954. 31 с. – Библиография 12 назв.

1955

21. Kivid peaksid kisendama : [puudustest Tallinna muinsusvarade hooldamisel : [kiri toimetusele] // Rahva Hääl (1955) 17. juuni. Kaasautor E. Soonurm.
22. Monteeritav raudbetoon ja betoon ehitustel // Rahva Hääl (1955) 24. juuli.
23. О расчете шаровых железобетонных куполов // Труды Таллинского политехнического института. Серия А. № 65. Сборник статей, посвященных 75-летию проф. доктора техн. наук О.А. Маддисона. Таллин, 1955. с. 14-25: ил.

1957

24. Экспериментальное исследование цилиндрических железобетонных оболочек // Tallinna Polütehnilise Instituudi toimetised = Труды Таллинского политехнического института. Серия А. № 82. Сборник статей строительного факультета. I. Таллин, 1957, с. 3-13. Соавтор У.К. Нигул.

1958

25. Pingebetoonprussikeste kasutamisest // Eesrindlikke ehituskogemusi Eesti NSV-s : artiklite kogumik. 2. Tallinn, 1958, lk. 3-9.
26. Teaduslik-tehnilised ühingud vajavad abi // Rahva Hääl (1958) 1. nov. Kaasautorid H. Raudsepp, F. Jürgens.
27. TPI ehitusteaduskonna teaduslikust uurimistööst // Ehitus ja Ehitusmaterjalid (1958) 1, lk. 24-28.
28. Вопросы расчета и возведения железобетонных оболочек // Таллин, 1958. 80 с.

1959

29. Mälestades akadeemik O. Maddisoni // Ehitus ja Ehitusmaterjalid (1959) 1/2, lk. 67-68.

30. Ottomar Maddison : [in memoriam] // Tehnika ja Tootmine (1959) 3, lk. 48.
31. О научно-исследовательской работе строительного факультета ТПИ // Строительство и строительные материалы. Таллин, 1959. с. 22-27.

1960

32. Raudbetoon. 1. : [õpik kõrgkoolidele]. Tallinn, 1960. 512 lk. – Bibliograafia lk. 507-509.

1961

33. О вопросах статистического расчета и испытания конструкций покрытия Таллинской певческой эстрады // Tallinna Polütehnilise Instituudi toimetised = Труды Таллинского политехнического института. Серия А. № 184. Строительные конструкции : сборник статей. Таллин, 1961, с. 3-22: ил. Соавторы В.Р. Кульбах, А.А. Сумбак.

1962

34. Raudbetoon. 2. : [õpik kõrgkoolidele]. Tallinn, 1962. 576 lk.: joon. – Bibliograafia lk. 570-573.
35. Из опыта моделирования и испытания висячего покрытия Таллинской певческой эстрады // Висячие покрытия. Труды совещания по иссл. и внедрению висячих покрытий. Москва, 1962, с. 204-208: ил. Соавтор В.Р. Кульбах.

1963

36. Silikaltsiidist suurpaneelhituse mudeli katsetamine // Ehitus ja Arhitektuur (1963) 1, lk. 8-13: joon. Kaasautor L. Allikas.
37. Практический метод расчета квадратных в плане железобетонных оболочек вида гиперболического параболойда // Tallinna Polütehnilise Instituudi toimetised = Труды Таллинского политехнического института. Серия А. № 200. Строительные конструкции и строительная физика. I. Таллин, 1963, с. 243-255: ил. – Библиография 5 назв. Соавтор М.Х. Лейбур.

1964

38. Eesti NSV entsüklopeedia märksõnastik. Tehnika : projekt. Tallinn, 1964. 64 lk. H. Laul jt.

39. Taribetoon ja kohtbetoon : [sõnade tähendusest] // Tehnika ja Tootmine (1964) 2, lk. 47-48. Kaasautorid L. Jürgenson, E. Vaino.
40. Примеры расчета железобетонных оболочек. I. (Методические указания). Таллин, 1964. 31 с.: ил.

1965

41. Suure töömehe tähtpäevaks : [ENSV TA asepresidendi, akadeemik N. Alumäe 50. sünnipäeva puhul] // Rahva Hääl (1965) 12. sept. Kaasautor U. Nigul.
42. Tähtsaid tulemusi fundamentaalsete probleemide lahendamisel : [koorikonstruksioonide uurimisest Eesti NSV-s ja Nõukogude Eesti preemia saamiseks esitatud N. Alumäe, U. Niguli ja L. Ainola töödest] // Noorte Hääl (1965) 11. juuni.
43. Исследование железобетонных оболочек в Эстонской ССР // Eesti NSV Teaduste Akadeemia toimetised. Füüsika, matemaatika ja tehnikateaduste seeria = Известия Академии наук Эстонской ССР. Серия физико-математических и технических наук. 14 (1965) 13, с. 328-336. – Библиография 30 назв.
44. Исследование тонкостенных конструкций в ТПИ // XX научная конференция, посвященная 25-летию Эстонской ССР 18-22 мая 1965 г. : тезисы и резюме. Таллин, 1965, с. 42-43.
45. О развитии теории тонкостенных конструкции в Эстонской ССР // Eesti NSV Teaduste Akadeemia toimetised. Füüsika, matemaatika ja tehnikateaduste seeria = Известия Академии наук Эстонской ССР. Серия физико-математических и технических наук. 14 (1965) 3, с. 319-327. – Библиография 88 назв.
46. О расчете коноидальных железобетонных оболочек // Tallinna Polütehnilise Instituudi toimetised = Труды Таллинского политехнического института. Серия А. № 229. Строительные конструкции и строительная физика. III. Таллин, 1965, с. 95-110: ил. – Библиография 7 назв. Соавтор А.И. Лавров.
47. Практический метод расчета пологих железобетонных сводов-оболочек отрицательной кривизны // Tallinna Polütehnilise Instituudi toimetised = Труды Таллинского политехнического института. Серия А. № 229. Строительные конструкции и строительная физика. III. Таллин, 1965, с. 137-162: ил. – Библиография 8 назв. Соавтор М.А. Лойтве.

1966

48. Sildade projekteerimise metoodilised juhendid. 1. osa. Sildade gabariidid ja koormused, raudbetoonist talasildade arvutamine ja konstrueerimine. Tallinn, 1966. 48 lk.: ill. Kaasautor H. Mägi.
49. Исследование железобетонных оболочек в Таллинском политехническом институте // VI конференция по бетону и железобетону, Рига, Июнь 1966. Материалы секций конференций, подгот. Латв., Литов. и Эст. правл. науч.-техн. о-ва строит. индустрии. Рига, 1966, с. 5-13.
50. О расчете диафрагм коноидальных оболочек // Tallinna Polütehnilise Instituudi toimetised = Труды Таллинского политехнического института. Серия А. № 244. Строительные конструкции и строительная физика. IV. Таллин, 1966, с. 27-40: ил. – Библиография 5 назв. Соавтор А.И. Лавров.
51. Певческая эстрада в Таллине : [техническое описание проекта] // Симпозиум по проблемам взаимосвязи проектирования и возведения оболочек для произв и обществ. зданий с большими пролетами. Тема 5. Примеры о существенных сооружений. Ленинград, 6–9 сент. 1966 г. Доклад. Москва, 1966. 11 с.: ил. Соавтор В. Кульбах.
52. Экспериментальное исследование квадратных железобетонных оболочек вида гиперболического параболоида с предварительно напряженной арматурой // Tallinna Polütehnilise Instituudi toimetised = Труды Таллинского политехнического института. Серия А. № 244. Строительные конструкции и строительная физика. IV. Таллин, 1966, с. 15-26: ил. Соавтор М.Г. Вайк.
53. Die Berechnung und Ausführung des Hängedachs // Rakennustekniikka (1966) 11, S. 455-458.

1967

54. Панели покрытий, армированные предварительно напряженными брусками треугольного сечения // Исследования по строительству (1967) 8, с. 105-108. Соавторы А.А. Лепп, О.Ю. Саммал.
55. Fundamentals of calculation of reinforced concrete sheets // Rakennustekniikka (1967) 3, p. 155-158.

1968

56. Панели покрытия из газокермита, армированные предварительно напряженными брусками // Сборник трудов Государственный научно-

исследовательский и проектный институт силикатного бетона автоклавного твердения (1968) 3, с. 166-173: ил. Соавтор И.К. Тедер.

57. Экспериментальное исследование железобетонной оболочки вида гиперболического параболоида // Tallinna Polütehnilise Instituudi toimetised = Труды Таллинского политехнического института. Серия А. № 269. Строительные конструкции и строительная физика. VII. Таллин, 1968, с. 75-86. Соавтор В.А. Хютси.

1969

58. Ehituskonstruksioonide projekteerimise alused. Tallinn, 1969, 440 lk.: ill. – Bibliograafia lk. 438 (23 nim.). Kaasautorid J. Aare, L. Allikas, V. Kulbach, V. Raidna.
59. Примеры расчета железобетонных оболочек : методические указания. 2. Таллин, 1969. 68 с.: ил. Соавтор Ю.А. Тярно.
60. Экспериментальное исследование оболочки над административным зданием в Таллине // Tallinna Polütehnilise Instituudi toimetised = Труды Таллинского политехнического института. Серия А. № 278. Строительные конструкции и строительная физика. VIII. Таллин, 1969, с. 119-131. Соавторы А.А. Сумбак, В.А. Отсмаа, В.А. Хютси.
61. Analysis and design of reinforced concrete structures in the Soviet Union // Rakenteiden Mekaanika (1969) 3, p. 17-21.

1970

62. Raudbetoonsildade projekteerimise metoodilised juhendid. Autoteede sildade gabariidid ja koormused, raud- ja pingebetonist talasildade ja kaarsildade arvutamine ning konstrueerimine. Tallinn, 1970. 152 lk.: ill. – Bibliograafia 25 nim. Kaasautor H. Mägi.
63. Вопросы расчета цилиндрической оболочки с линейным коньковым шарниром // Tallinna Polütehnilise Instituudi toimetised = Труды Таллинского политехнического института. Серия А. № 296. Строительные конструкции и строительная физика. X. Таллин, 1970, с. 69-77. Соавтор Ю.А. Тярно.
64. Изучение потерь напряжений высокопрочной проволочной арматуры в опытных панелях покрытий из газокукермита, армированных предварительно напряженными железобетонными брусками // Сборник трудов Государственный научно-исследовательский и проектный институт си-

- ликатного бетона автоклавного твердения (1970) 5, с. 166-176: ил. Соавтор И.К. Тедер.
65. Расчет длинных цилиндрических оболочек на ЭВМ "Минск-22" // Tallinna Polütehnilise Instituudi toimetised = Труды Таллинского политехнического института. Серия А. № 296. Строительные конструкции и строительная физика. X. Таллин, 1970, с. 61-68. Соавтор В. Л. Волтри.
66. Сравнение способов армирования ячеистобетонных панелей покрытия // Исследования по строительству (1970) 11, с. 131-141: табл. Соавторы А.А. Лепп, Э.Г. Оямаа, Ф.П. Кивисельг, В.К. Кюхле.

1971

67. Исследование цилиндрических оболочек отверстиями в зоне гребня // Сборник докладов по строительству. Таллин, 1971, с. 103-111. Соавторы В.Л. Волтри, Ю.А. Тярно.
68. К вопросу прочности наклонных сечений газоккермитовых балок, армированных предварительно напряженными брусками // Исследования по строительству (1971) 12, с. 132-137: ил. Соавтор Л.А. Скоряк.
69. Некоторые вопросы работы квазицилиндрических и пологих оболочек двойкой кривизны в предельном состоянии // Научная сессия СНК ИАСС по применению теории предельного равновесия в статике и динамике тонкостенных пространственных конструкций. Тезисы докладов. Тбилиси, 1971, с. 41-42. Соавтор Ю.А. Тярно.
70. Об оценке и реализации начальной формы предварительно напряжения седловидных висячих покрытий // Труды III международной конференции по предварительно напряженным металлестическим конструкциям. Доклады. Т. I. Ленинград, 1971, с. 175-184. Соавтор В.Р. Кульбах.
71. Расчет длинных цилиндрических оболочек в стадии предельного равновесия по поперечной силе // Tallinna Polütehnilise Instituudi toimetised = Труды Таллинского политехнического института. Серия А. № 307. Строительные конструкции и строительная физика. XI. Таллин, 1971, с. 11-24. Соавтор В. Л. Волтри.
72. Экспериментальное исследование работы газоккермитовых балок на действие поперечных сил // Сборник докладов по строительству. Таллин, с. 84-89: ил.

1972

73. Влияние условий опирания бортовых элементов на виды разрушения квазицилиндрических оболочек // Tallinna Polütehnilise Instituudi toimetised = Труды Таллинского политехнического института. Серия А. № 333. Строительные конструкции и строительная физика. XII. Таллин, 1972, с. 35-43. – Библиография 3 назв. Соавтор Ю.А. Тярно.
74. О выборе параметров седловидных висячих покрытий с замкнутым контуром // Tallinna Polütehnilise Instituudi toimetised = Труды Таллинского политехнического института. Серия А. № 333. Строительные конструкции и строительная физика. XII. Таллин, 1972, с. 11-22. – Библиография 4 назв. Соавторы В.Р. Кульбах, У.В.-Э. Мянд.
75. О работах эстонских исследователей в области висячих покрытий // Республиканская конференция. "Проектирование и расчет седловидных висячих покрытий". Тезисы докладов. Таллин, 1972, с. 3-6. Соавтор В.Р. Кульбах.
76. О расчете вертикальных диафрагм зданий // Tallinna Polütehnilise Instituudi toimetised = Труды Таллинского политехнического института. Серия А. № 333. Строительные конструкции и строительная физика. XII. Таллин, 1972, с. 3-8. – Библиография 3 назв. Соавтор Л.А. Алликас.
77. Успехи эстонской школы строительных конструкций // Известия вузов. Строительство и архитектура (1972) 12, с. 58-60. Соавтор В.Р. Кульбах.
78. Экспериментальное исследование квадратной в плане деревянной оболочки вида гиперболического параболоида // Tallinna Polütehnilise Instituudi toimetised = Труды Таллинского политехнического института. Серия А. № 333. Строительные конструкции и строительная физика. XII. Таллин, 1972, с. 23-33. Соавторы А.И. Лавров, Я.П. Пугаль.

1973

79. Põlevkivituhk-gaasbetoonist katuslaepaneelide otstarbekohase armeerimisviisi valikust // Ehitus ja Arhitektuur (1973) 1, lk. 27-33.
80. Определение величины поперечного усилия, воспринимаемого продольными брусками, в газокермитовых панелях // Исследования по строительству. Технология и долговечность автоклавных бетонов. Таллин, 1973, с. 113-117: ил. Соавтор Л.А. Скоряк.
81. Zur Zweckmässigkeit der Bewehrung von Gasbetondachplatten mit Stahlseitenbetonstäben // 5. Intern. Baustoff- und Silikattagung. Tagungsbericht. Weimar, 1974, S. 379-386.

1974

82. Зависимость ползучести тяжелого силикатного бетона в нагретом состоянии: от продолжительности предшествующего нагружению нагревания // Сборник трудов Государственного научно-исследовательского и проектного института силикатного бетона автоклавного твердения (1974) 8, с. 149-156: ил. – Библиография 8 назв. Соавтор Л. Раннамяги.
83. К проектированию одноконтурной железобетонной рамы с минимальным расходом арматуры // Tallinna Polütehnilise Instituudi toimetised = Труды Таллинского политехнического института. Серия А. № 360. Труды по строительной механике. V. Таллин, 1974, с. 25-32. Соавторы Э.М. Иеги, Ю.Ю. Нурк.
84. Комплект устройств для непосредственного измерения напряжений в бетоне // Экспериментальные исследования инженерных сооружений. (Методы, приборы и оборудования). Москва, 1974, с. 33-43. Соавторы О. Саммал, Я. Тиммуск, Х. Эсорг.
85. Расчет железобетонных оболочек с продольными и поперечными трещинами // Tallinna Polütehnilise Instituudi toimetised = Труды Таллинского политехнического института. Серия А. № 357. Строительные конструкции и строительная физика. XIV. Таллин, 1974, с. 27-32. – Библиография 4 назв. Соавтор Ю.А. Тярно.
86. Расчет пологих деревянных гипаров по дискретной расчетной схеме методом сил // Тезисы докладов VII конференции молодых ученых и специалистов Прибалтики и БССР по проблемам стройматериалов и конструкций. Вильнюс, 1974, с. 235. Соавтор Я.П. Пугаль.
87. A simplified design method for concrete cylindrical and flat double curvature shells // International Council for Building Research Studies and Documentation. 6-th Congress, Budapest, 3–10. Oct. 1974, Vol. 1. Budapest, 1974, p. 488-493. Co-author Ü. Täрно.
88. About the design and computing of reinforced concrete shells = Teräsbetoni-sen sylinterikuoren laskemista // Rakennustekniikka (1974) 1, p. 55-58.
89. Analysis of cable network with negative Gaussian curvature // Rakenteiden Mekaniikka (1974) 1, p. 3-18. Co-author V. Kulbach.

1975

90. Hoone ja vertikaaldiafragmade arvutusest // Ehitus ja Arhitektuur (1975) 1, lk. 16-18: joon. Kaasautor L. Allikas.

91. Metoodiline juhend kursuseprojektide koostamiseks õppeaines raudbetoon- ja kivikonstruktsioonid. Tallinn, 1975. 99 lk.: ill. Kaasautorid V. Otsmaa, V. Raidna.
92. Sadulakujuliste rippkatuste töö uurimisest // Ehitus ja Arhitektuur (1975) 1, lk. 20-21: ill. Kaasautor V. Kulbach.
93. Некоторые вопросы работы квазицилиндрических и пологих оболочек двойкой кривизны в предельном состоянии // Пространственные конструкции зданий и сооружений. II. Москва, 1975, с. 96-100: ил. – Библиография 3 назв. Соавтор Ю.А. Тярно.
94. Некоторые результаты определения напряженного состояния фрагментов бетонных колонн при разных эксцентриситетах нагружения // Исследования по строительству. Напряжения в бетоне. Испытание конструкций. Таллин, 1975, с. 37-48: ил. – Библиография 8 назв. Соавторы Я.М. Тиммуск, А.П. Саар.
95. О выводе разрешающих уравнений для пологих деревянных гипаров // Tallinna Polütehnilise Instituudi toimetised = Труды Таллинского политехнического института. Серия А. № 384. Строительные конструкции и строительная физика. XV. Таллин, 1975, с. 29-37. Соавтор Я.П. Пугаль.
96. О расчете гипаров // Tallinna Polütehnilise Instituudi toimetised = Труды Таллинского политехнического института. Серия А. № 384. Строительные конструкции и строительная физика. XV, Таллин, 1975, с. 11-18. Соавторы М.Х. Лейбур, Ю.И. Таккер.
97. О расчете пологих деревянных гипаров // Tallinna Polütehnilise Instituudi toimetised = Труды Таллинского политехнического института. Серия А. № 384. Строительные конструкции и строительная физика. XV. Таллин, 1975, с. 19-28. Соавтор Я.П. Пугаль.
98. О цилиндрических и квазицилиндрических оболочках с поперечными трещинами // Труды X Всесоюз. конференции по теории оболочек и пластин. Кутаиси, 22 – 29 сент. 1975 г. Тбилиси, 1975, с. 612-621: ил. Соавтор Ю.А. Тярно.

1976

99. О расчете арочных диафрагм оболочек // Tallinna Polütehnilise Instituudi toimetised = Труды Таллинского политехнического института. Серия А. № 410. Строительные конструкции и строительная физика. XVI. Таллин, 1976, с. 23-32. Соавтор Ю.А. Тярно.

100. О расчете цилиндрических оболочек с ребрами и отверстиями // Tallinna Polütehnilise Instituudi toimetised = Труды Таллинского политехнического института. Серия А. № 410. Строительные конструкции и строительная физика. XVI. Таллин, 1976, с. 33-42. Соавтор Ю.А. Тярно.

1977

101. Газобетонные изгибающие элементы армированные с струнобетонными брусками // Тезисы трудов по конференции по напряженному бетону, Владивосток, 1977, с. 53-57.
102. Измерение напряжений в 16-этажном крупнопанельном доме // Исследования по строительству. Напряжения в бетоне. Испытание конструкций. Таллин, 1977, с. 42-48: ил. Соавторы И.К. Тедер, Я.М. Тиммуск, О.Ю. Саммал.
103. Исследование напряжений в поперечном сечении железобетонных фрагментов колонн при центреном и внецентренном сжатии // Исследования по строительству. Напряжения в бетоне. Испытание конструкций. Таллин, 1977, с. 26-34: ил. Соавторы А.П. Саар, Я.М. Тиммуск.
104. К вопросу выбора начальной формы седловидных висячих покрытий с криволинейным контуром // Пространственные конструкции зданий и сооружений. 3. Таллин, 1977, с. 131-133: ил. Соавтор В.Р. Кульбах.
105. Методические указания к курсовым проектам по курсу "Железобетонные и каменные конструкции". Таллин, 1977. 96 с.: ил. Соавторы В.А. Отсмаа, В.К. Райдна.
106. О работе пространственных конструкций отрицательной и нулевой кривизны // Международная конференция по облегченным пространственным конструкциям покрытий для строительства в обычных и сейсмических районах. Алма-Ата, 13-16 сент. 1977 г. Доклады. Москва, 1977, с. 70-76. Соавторы В.Р. Кульбах, Ю.А. Тярно.
107. Определение продольных внутренних сил гипара методом аппроксимации сдвигающих сил // Eesti Põllumajanduse Akadeemia teaduslike tööde kogumik = Сборник научных трудов Эстонской сельскохозяйственной академии. (1977) 111, с. 58-61. – Библиография 2 назв. Соавторы М.Х. Лейбур, Ю.И. Таккер.
108. Применение датчиков напряжений бетона при испытании бетонных (железобетонных) конструкций // Экспериментальные исследования инженерных сооружений. (Методы, приборы, оборудование, метрологиче-

ские обеспечение). Тезисы докладов к IV Всесоюз. конференции. Казань, сентябрь. Киев, 1977, с. 32-33. Соавторы О.Ю. Саммал, Я.М. Тиммуск.

1978

109. Об исследовании железобетонных оболочек в Эстонии // Тезисы докладов республиканской научной конференции "Тонкостенные и пространственные конструкции", с 14 по 16 ноября 1978 г., Таллин, 1978, с. 43-44.
110. About the calculation of cylindrical and quasicylindrical shells, grossed by transversal and longitudinal cracks // Contributions to the IASS Symposium 1978 July 3rd-7th in Darmstadt. Nonlinear Behaviour of Reinforced Concrete Spatial Structures. Vol. 2. Düsseldorf: Werner-Verlag, 1978, p. 137-145. Co-author Ü. Täрно.

1979

111. Teadlane ja pedagoog. O. Maddisoni 100. sünnipäevaks // Rahva Hääl (1979) 31. märts.
112. Определение внутренней силы в затяжке гипара методом аппроксимации сдвигающих сил // Tallinna Polütehnilise Instituudi toimetised = Труды Таллинского политехнического института № 467. Теория и расчет тонкостенных и пространственных конструкций. Таллин, 1979, с. 3-7. Соавтор Ю.И. Таккер.
113. Расчет квадратных в плане железобетонных гипаров // Tallinna Polütehnilise Instituudi toimetised = Труды Таллинского политехнического института № 467. Теория и расчет тонкостенных и пространственных конструкций. Таллин, 1979, с. 9-16. – Библиография 5 назв. Соавторы М.Х. Лейбур, Ю.И. Таккер.
114. Theory and erection practice of thin-walled and spatial structures in Estonia // World congress on shell and spatial structures IASS. Vol. 3. Madrid, 1979, p. 5337-5348. Co-authors V. Kulbach, Ü. Täрно.

1980

115. Определение фактических напряжений в бетоне радиотелевизионной башни // Исследования по строительству. Напряжение в бетоне. Испытание конструкций. Таллин, 1980, с. 66-79: ил. Соавторы И.К. Тедер, Э.Э. Эйн.

116. Методические указания к курсовым проектам по курсу “Железобетонные и каменные конструкции”. Таллин, 1980. 96 с. Соавторы В.А. Отсмаа, В.К. Райдма.
117. Метод прогнозирования технических ресурсов бетонных и железобетонных конструкций // Бетон и железобетон (1980) 7, с. 37-39. Соавтор О.Ю. Саммал.

1981

118. Разработка расчета пологих деревянных гипаров (первая ч.) // Tallinna Polütehnilise Instituudi toimetised = Труды Таллинского политехнического института № 504. Теория и расчет тонкостенных и пространственных конструкций. Таллин, 1981, с. 29-38. Соавтор Э.Э. Юст.

1982

119. О разработке расчета пологих деревянных гипаров (вторая ч.) // Tallinna Polütehnilise Instituudi toimetised = Труды Таллинского политехнического института № 527. Теория и расчет тонкостенных и пространственных конструкций. Таллин, 1982, с. 53-57. Соавтор Э.Э. Юст.

1983

120. Kergbetooni armeerimine pingbetoonvarrastega // Ehitus ja Arhitektuur (1983) 2, lk. 35-39: ill. – Bibliograafia 3 nim. Kaasautor A. Lepp.
121. Армирование ячеистобетонных изделий струнобетонными стержнями // ИОИ интерстрой информация. Сборник материалов и информации постоянной комиссии СЭВ в области строительства, (1983) 2, с. 19-22.
122. Об исследовании работы тентово-вантовых покрытий // Пространственные конструкции в Красноярском крае. Межвузовский сборник. 1983, с. 190-192. Соавторы К.П. Ыйгер, Р.Э. Орас.

1984

123. Arhitekt Alar Kotlist ja “Estonia” taastamisest // Sirp ja Vasar (1984) 24. aug.: fot. Sama // Meenutusi meie ehitustegevusest ja muustki. Tallinn, 1990, lk. 4-11.
124. Tallinna laululavast ja arhitekt Alar Kotlist // Sirp ja Vasar (1984) 29. juuni: fot. Sama // Meenutusi meie ehitustegevusest ja muustki. Tallinn, 1990, lk. 12-17.

1985

125. Alumäe oli alustaja : [akadeemik Nikolai Alumäe] // Sirp ja Vasar (1985) 13. sept.: portr.
126. Experimental investigations of space structures of roofs in the Estonian SSR // IASS'85. International Congress. Proceedings. Vol. 2-B. Moscow, 1985, p. 378-394. Co-authors V. Kulbach, Ü. Tärno, K. Öiger.
127. "Surnud" keeled // Sirp ja Vasar (1985) 2. aug.: portr.
Sama // Meenutusi meie ehitustegevusest ja muustki. Tallinn, 1990, lk. 24-29.
128. Некоторые аспекты работы и расчета неупругих железобетонных оболочек средней длины // Пространственные конструкции зданий и сооружений. V. Москва, 1985, с. 36-41: ил. – Библиография 12 назв. Соавтор Ю.А. Тярно.
129. Новые грузоподъемные механизмы // Строительная газета (1985) 10 июля.
130. Расчет диафрагм зданий переменной жесткости // Tallinna Polütehnilise Instituudi toimetised = Труды Таллинского политехнического института № 596. Строительные конструкции и строительная механика. XXIV. Таллин, 1985, с. 37-40. Соавтор Л.А. Алликас.
131. Экспериментальное исследование работы пространственных конструкций покрытия в Эстонской ССР // Труды международного конгресса ИАСС'85. Доклады. Т. 2-б. Москва : ЦНИИСК, 1985, с. 401-415. Соавторы В.Р. Кульбах, Ю.А. Тярно, К.П. Ыйгер.

1986

132. Ehituskonstruksioonide kateeder // Ehitusinsenerid TPI-st. Tallinn, 1986, lk. 43-54. Kaasautor V. Kulbach.
133. "Estonia" taastamisest // Ehitusinsenerid TPI-st. Tallinn, 1986, lk. 138-140.
134. Kasari sild // Ehitus ja Arhitektuur (1986) 1, lk. 68-70. – Bibliograafia 5 nim. Kaasautor E. Soonurm.
Sama // Meenutusi meie ehitustegevusest ja muustki. Tallinn, 1990, lk. 36-43.
135. Kokkupuuted raudbetoonkonstruktsioonidega // Ehitusinsenerid TPI-st. Tallinn, 1986, lk. 153-158.
136. Tallinna Miinisadama raudbetoonkoorikud // Ehitus ja Arhitektuur (1986) 1, lk. 62-63: ill.
Sama // Meenutusi meie ehitustegevusest ja muustki. Tallinn, 1990, lk. 18-21.

137. Tallinna laululava akustilisest ekraanist // Ehitusinsenerid TPI-st. Tallinn, 1986, lk. 150-153.
138. Üks ööpäev Narvas // Ehitus ja Arhitektuur (1986) 1, lk. 70.
Sama // Meenutusi meie ehitustegevusest ja muustki. Tallinn, 1990, lk. 22-24.

1987

139. Otar Oniašvili : [Gruusia insener ja teadlane] // Tallinna Polütehnik (1987) 22. mai.
Sama // Meenutusi meie ehitustegevusest ja muustki. Tallinn, 1990, lk. 75-79.

1988

140. Juubel, produktsioon ja fenomenid // Ehitus ja Arhitektuur (1988) 2, lk. 16-19.
141. Kolm rongilugu // Sirp ja Vasar (1988) 8. jaan.
142. Ühe silla lugu : [Kasari sild] // Autotransport ja Maanteed (1988) 4, lk. 17-23:
ill. – Bibliograafia 5 nim. Kaasautor E. Soonurm.

1990

143. Ehitiste varuteguritest // Meenutusi meie ehitustegevusest ja muustki. Tallinn, 1990, lk. 84-92. Kaasautor V. Otsmaa
144. Insener ja tööline // Meenutusi meie ehitustegevusest ja muustki. Tallinn, 1990, lk. 93-96.
145. Mina ja kirik // Meenutusi meie ehitustegevusest ja muustki. Tallinn, 1990, lk. 44-51.
146. Mõningatest ehitistest Maarjamaal // Meenutusi meie ehitustegevusest ja muustki. Tallinn, 1990, lk. 52-57.
147. Mõningaid märkusi Tallinna ehituspinnase, Oleviste kiriku, laululava ja elektri- jaama kohta // Meenutusi meie ehitustegevusest ja muustki. Tallinn, 1990, lk. 80-83. Kaasautor E. Soonurm.
148. Staatikuna 1930. aastatel // Meenutusi meie ehitustegevusest ja muustki. Tallinn, 1990, lk. 58-74.
149. Viis rongilugu // Meenutusi meie ehitustegevusest ja muustki. Tallinn, 1990, lk. 30-35.

HEINRICH LAULU JUHENDAMISEL VALMINUD VÄITEKIRJAD

1953

1. Soonurm, E. Ruumlike talakonstruktsioonide arvutus. Tallinn, 1953. 190 l. – Bibliograafia l. 166-170 (41 nim.)

1956

2. Nigul, U. Ringsilindrilise raudbetoonkooriku pingelukorra uurimine, arvestades diafragmade deformatsioone. Tallinn, 1956. 159 l.: ill. – Bibliograafia l. 147-148 (15 nim.)

1958

3. Kiiss, I. Raudbetoonkonstruktsioonide arvutamine arvestades betooni roomavust ja relaksatsiooni. Tallinn, 1958. 191 lk.: ill. – Bibliograafia l. 186-191 (61 nim.)

1959

4. Sumbak, A. Eelpingestatud silindriliste raudbetoonkoorikute arvutamine ja modelleerimine. Tallinn, 1959. 203 l.: ill. – Bibliograafia l. 202-203 (16 nim.)

1962

5. Sammal, O. Pingete määramise võimalusi peenstruktuuriga betoonides. Tallinn, 1962. 207 l.: ill. – Bibliograafia l. 200-207.
6. Белкин, А.А. Исследование армированных несущих конструкций из дезинтегрированных известково-песчаных смесей и освоение их производства. Таллин, 1962. 154 л., 32 л. черт. – Библиография л. 148-154 (70 назв.)

1963

7. Otsmaa, V. Pika rinosilindriliste raudbetoon-kooriku põikjõu-pirolukorra eksperimentaalne uurimine. Tallinn, 1963. 234 l.: ill. – Bibliograafia l. 231-234 (35 nim.)
8. Морозов, А.Н. Вопросы расчета изгибаемых элементов из армированного сланцезольного ячеистого бетона. Таллин, 1963. 93 л.: ил. – Библиография л. 88-93.

1964

9. Leibur, M. Ruudukujulise põhiplaaniga asümtootiliste servadega lamedate raudbetoonist hüperpoolsete paraboloidkoorikute projekteerimise küsimusi. Tartu, 1964. 134 l.: ill. – Bibliograafia I. 130-134 (37 nim.)

1967

10. Lepp, A. Armatuuri nakkeküsimusi mullkukermiitbetoonis. Tallinn, 1967. 245 l.: ill. – Bibliograafia I. 221-237.
11. Tärno, Ü. Statistika-empüirika meetod silindriliste raudbetoonkoorikute arvu-
tamiseks ehitamise ja ekspluatatsiooni olukordades. Tallinn, 1967. 166 l.: ill. –
Bibliograafia I. 152-166 (103 nim.)
12. Лавров, А.И. Экспериментальное исследование и расчет железобетонных
conoидальных оболочек. Таллин, 1967. 164 л.: ил. – Библиография л. 157-161.
13. Энгельбрехт, Ю.К. Расчет и исследование работы висячих покрытий отри-
цательной кривизны с перекрестной сеткой тросов. Таллин, 1967. 180 с.:
ил. – Библиография л. 169-180. Научные руководители Х. Лаул, В. Кульбах.

1968

14. Лойтве, М.А. О расчете железобетонных пологих волнистых сводов-
оболочек. Таллин, 1968. 152 л.: ил. – Библиография л. 146-150.
15. Раудсепп, Р.А. Возможности измерения деформаций в бетоне при авто-
клавной обработке. Таллин, 1968. 143 л.: ил. – Библиография 65 назв.
Научные руководители Х. Лаул, О. Саммал.

1970

16. Вариксоо, М.Р. Исследование некоторых свойств непосредственного из-
мерителя напряжения бетона. Таллин, 1970. 171 л.: ил. – Библиография
л. 167-171. Научные руководители Х. Лаул, О. Саммал.
17. Тедер, И.К. Исследование образования трещин в панелях покрытия из яче-
истого бетона, армированных струнбетонными брусками. Таллин, 1970.
159 л.: ил. – Библиография 76 назв.
18. Ыйгер, К.П. Исследование работы пологих висячих покрытий отрицатель-
ной кривизны. Таллин, 1970. 141 с. – Библиография л. 130-141 (105 назв.).
Научные руководители Х. Лаул, В. Кульбах.

1971

19. Волтри, В.Л. О несущей способности цилиндрических железобетонных оболочек по макростатической поперечной силе. Таллин, 1971. 190 л.: ил. – Библиография л. 165-170.
20. Равасоо, А.А. Исследование работы висячих покрытий гиперболо-параболической формы. Таллин, 1971. 186 л.: ил. – Библиография л. 175-186 (111 назв.). Научные руководители Х. Лаул и В. Кульбах.

1972

21. Промет, П.Х. О влиянии непосредственного измерителя напряжения бетона на напряженное состояние основной среды. Таллин, 1972. 95 л.: ил., 27 л. прилож. – Библиография л. 87-95 (81 назв.). Научные руководители Х. Лаул, О. Саммал.
22. Скоряк, Л.А. Соппротивление газоккермитовых панелей покрытия, армированных предварительно напряженными брусками, действию поперечных сил. Таллин, 1972. 158 л. – Библиография 85 назв.

1974

23. Мянд, У.В.-Э. Определение основных параметров седловидных висячих покрытий. Таллин, 1974. 146 л.: ил. – Библиография л. 134-146 (122 назв.). Научные руководители Х. Лаул, В. Кульбах.

1977

24. Рульков, А.А. Вопросы определения прочности бетона, бетонных и железобетонных конструкций и сооружений склерометрическим магнитоупругим методом. Таллин, 1977. 195 л.: ил. – Библиография л. 152-168 (157 назв.). Научные руководители Х. Лаул, О. Саммал.
25. Таккер, Ю.И. Расчет квадратных в плане железобетонных гипаров с применением метода аппроксимации сдвигающих сил. Таллин, 1977. 159 л.: ил. Научные руководители Х. Лаул, М. Лейбур.

KAASAUTORITE REGISTER

Aare, J.	58
Allikas, L.	36, 58, 90
Jürgens, F.	26
Jürgenson, L.	51
Kulbach, V.	58, 89, 92, 114, 126, 132
Lepp, A.	120
Mägi, H.	48, 62
Nigul, U.	41
Otsmaa, V.	91, 143
Raidna, V.	58, 91
Raudsepp, H.	26
Soonurm, E.	21, 134, 142, 147
Tärno, Ü.	87, 110, 114, 126
Vaino, E.	39
Õiger, K.	126
Алликас, Л.А.	76, 130
Вайк, М.Г.	52
Волтри, В.Л.	65, 67, 70
Иеги, Э.М.	83
Кивисельг, Ф.П.	66
Кульбах, В.Р.	33, 35, 51, 70, 74, 75, 77, 104, 106, 131
Кюхле, В.К.	66
Лавров, А.И.	46, 50, 78
Лейбур, М.Х.	37, 96, 107, 113
Лепп, А.А.	53, 66
Лойтве, М.А.	47
Мянд, У.В.-Э.	74
Нигул, У.К.	24
Нурк, Ю.Ю.	83
Орас, Р.Э.	122
Отсмаа, В.А.	60, 105, 116
Оямаа, Э.Г.	66
Пугаль, Я. П.	78, 86, 95, 97
Раннамяги, Л.	82
Райдма, В.К.	105, 116
Саар, А.П.	94, 103
Саммал, О.Ю.	54, 84, 102, 108, 117

Скоряк, Л.А.	68, 79
Сумбак, А.А.	33, 60
Таккер, Ю.И.	96, 107, 112, 113
Тедер, И.К.	56, 64, 102, 115
Тиммуск, Я.М.	84, 94, 102, 103, 108
Тярно, Ю.А.	59, 63, 67, 69, 73, 85, 93, 98, 99, 100, 106, 128, 131
Хютси, В.А.	57, 60
Ыйгер, К.П.,	122, 131
Эсорг, Х.	84
Эйн, Э.Э.	115
Юст, Э.Э.	118, 119



