

ETS

TEHNILINE RINGVAADE

MASINAEHITUSE, LAEVAEHITUSE, ELEKTROTEHNIKA, TEHNOLOOGIA, EHTUSTEADUSE JA ARHITEKTUURI AJAKIRI.

Jlmub iga kuu 1. ja 15. E. T. S. ajakirja kaasandena.

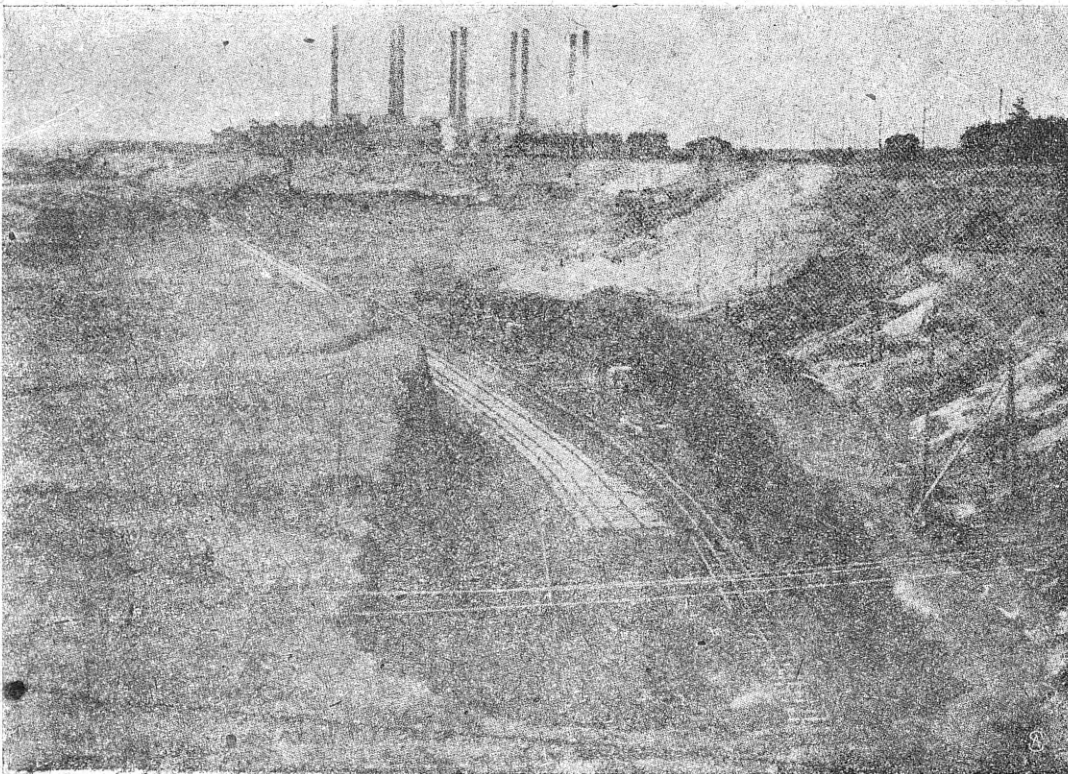
SISU: Kõige suurem soojusjõu jaam maailmas. Terasbetoonist laevad.

Kõige suurem soojusjõu jaam maailmas.

Bitterfeldi ümbruskonnas, Berliinist 132 km. lõunapool, on suured pruunsöe lademed, mille peal 5 kuni 20 m. paksune savikiht. Teatavasti on pruunsüsi teise järgu kütteaine ja normaaloludes võib ta kivisöega ainult siis võistelda, kui raudtee veokulud teda kalliks ei tee. Näituseks on Berliinis kivisüsi, mis 250 km kauguselt Shleesiast tuuakse, odavam, kui 130 km tagant Bitterfeldist toodud pruunsüsi. Selle tõeluga tuli mineval aastasajal rehken-

dada ja et pruunsöe kihi peal suured savilademed olid, siis arenes seal suur keraamikatööstus, mis pruunsöe energia koha peal ära tarvitas. Berliini kanalisatsiooni torud on suuremalt osalt kõik Bitterfeldis valmistud.

Kui 20 aasta eest 100 hobusejõudu vasktraadi abil elektrivoolu kujul 150 km kaugele Frankfurti linna saadeti, siis oli see väga imekspanemiseväärt asi, vaatamata selle peale, et kaotused suured olid. Varsti peale esimest katset oli kõrgepinge tehnika kõik raskused ja

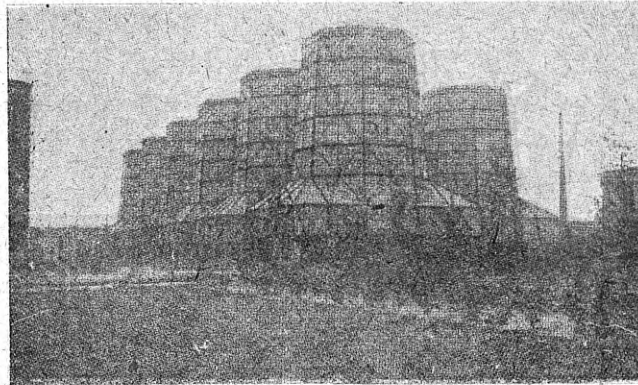


Kõige suurem soojusjõu jaam maailmas: Jõujaam ketiraudteega pruunsöe kaevandusse.

takistused hiilgavalt ära võitnud ja täna valitseb tema kindlasti tööpinge üle kuni 200.000 voldini. Sellega tuli ka aeg Bitterfeldi pruun-süsi koha peal energia sünnitamiseks ära tarvitada ja sünnitud elektrivool Berliini saata.

tee automaatselt söekaevandusest kohale veab. 9 suurt 100 m pikkust korstnat saadavad katlagaasid õhku.

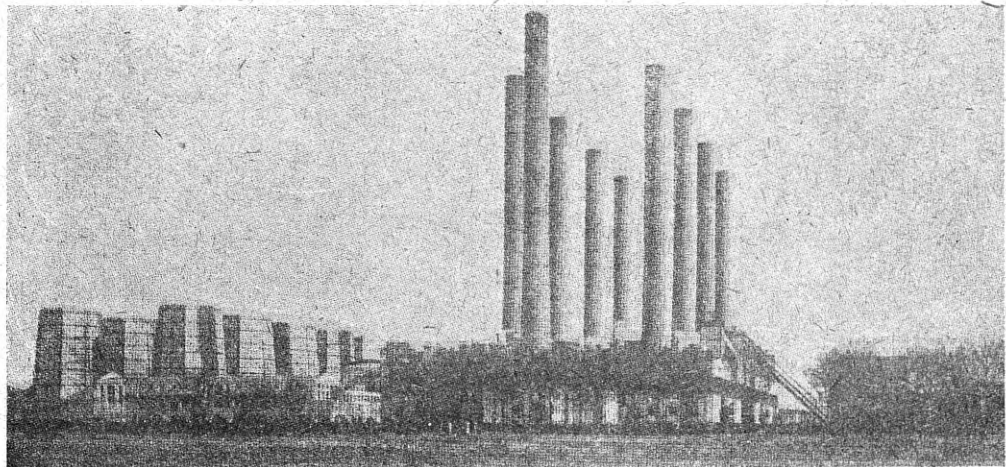
Et sõja ajal nõudmine lõhke ja kunstväetise ainete järel suur oli, siis tarvitati suurem



Kõige suurem soojusjõu jaam maailmas.
Jahutushooned.

Jõujaama ehitusega algati märtsis 1915. a. ja sellesama aasta lõpul oli jaama võime 45.000 KW ehk 60.000 HP suur. Jõujaama suurendati iga aasta ja täna on ta oma 180.000 KW ehk $\frac{1}{4}$ miljoni hobusejõuga kõige suurem soojusjõu jaam maailmas.

osa jõujaama energiat koha peal salpeetrihappe ja lubjalämmastiku valmistamiseks ära. Ühtlasi ehitati ka kõrgepingevõrk Berliini, et pealinna söepuudust pehmenendada. Täna saadab Bitterfeldi jõujaam Berliini 110.000 völdi all 75.000 KW (100.000 HP). Õhuvõrk on



Kõige suurem soojusjõu jaam maailmas. Üleüldinevaade.

Masinasaal, mis 200 m pikk, on 8 turbo-generaatorit, à 22.500 KW, üles seatud. Täisnurgeliselt masinasaali külges seisavad 4, à 80 m, pikad katlamajad, kus 64 aurukatelt pruun-söega köetakse, mida 2 km pikkune ketiraud-

ehitud 25 m kõrgete raudmastide peal, kahe toetuspunkti vahe on 250 m. Voolujuhiks on 6 alumiiniumi traati, à 120 mm² (kolme-faasiline vool).

G. H.

TERASBEToonIST LAEVAD.

II.

Selsamal ajal avati Norramaal kuni pooltosinat uusi laevatehaseid terasbetoonist laevade ehitamiseks. Suurem osa nendest tehastest töötab ins. Alfseni meetodi järel ning saab isegi kõik konstruktiivlised joonistused tema käest. Sellejuures on püüid tehaseid just niisugustesse kohtadesse ehitada, kus peamaterjalid ligidalt saadaval. Ühe sõnaga, minema sügiseks tuldi Norramaal otsusele, et terasbetoonist võib laevu ehitada ja maksab seda teha. Et see ka tegelikult laialisemal määdel läbi viidi, näitab klassifikatsiooni seltsi «Norsk Veritas'i» aruanne, mille järele Norramaal 1. aug. 1919 terasbetoonist laevu ehitusel oli 12, 5420 DV. tonni suurusel ning 3090 hobusejõul, nii et keskmine laeva suurus umbes 450 DV. tonni ning 270 H. J. oli, millest näha on, et otsekohe suuremal määdel võrdlemisi suurte laevade ehitamise juure üle mindi. Võrdlemiseks nimetame, et selsamal ajal oli Norramaal ehitusel: 40 teras-aurulaeva 50885 tn., 11 puulaeva 3635 tn., 50 teras-mootorlaeva 5340 tn. ning 86 puust mootorlaeva 28580 tn. Nagu näha, ehitati ühtekokku: 56225 tn. teraslaevu, 32215 tn. puust laevu ning 5420 tn. terasbetoonist laevu. Tellitud, aga mitte ehitusel olevate laevade arv oli võrdlemisi: 140.315 tn., 4940 tn. ja 7900 tn. Nagu need arvud näitavad, oli ehitusel ühtekokku üle terve Norramaa 93.860 tn. laevu, yendest 60% terasest, 34% puust ning 6% terasbetoonist. Kui siia juure veel tellitud laevade arvu lugeda, siis olid need arvud vastavalt: 247.015 tn., 79%, 15%, 6%. Need arvud räägivad selget keelt, näidates, et paari aasta jooksul laevade ehitus terasbetoonist hiiglasammudega edasi on astunud. Kui siia juure veel ehitatavad praamid ning pontoonid arvata, siis võib praegu Norramaal ehitusel olevate laevade arvu üle 15.000 tn. lugeda.

Üheks tähtsamaks sündmuseks laevaehituse alal terasbetoonist peab Norramaal õigusega seda tunnistama, et seal 1918. aastast alates klassifitseerimise selts «Norsk Veritas» sellest materjalist laevu registreerib ning klassifitseerib. Näituseks sai 1919. a. suvel A. S. Grea-

keri tehastes esimene 1000-tonniline laev valmis («Fjeldtop», vaata üleval), mis omale «Norsk Veritas'e» kõrgema klassi numbril sai, eslotsa ainult märkusega «experimental». Ühtlasi töötati ka nimetud seltsi poolt juba 1918. a. kevadel esimesed reeglid välja laevade ehitamiseks terasbetoonist, kus tähtsamad mõeldud ja arvud terasbetoonist laevade konstrueerimiseks üles on tähendud. Niisama toetavad nimetud selts kui ka üksikud insenerid, igasugused ettevõtted ning Norramaa valitsus kõiki igasuguseid ettevõtteid ja kavatsusi terasbetoonist laevade rutuliseks väljaarendamiseks. Ja, vaatamata mõnesuguste vastuvaieluste peale, peab õigusega tunnistama, et terasbetoon-laevaehituse tõsiseks loojaks tuleb Norramaad nimetada.

Esimeste õnnelikkude katsete järel Norramaal hakati ka Ameerikas ning Inglismaal tõsisemalt selle uue laevaehituse materjali tuleviku sisse uskuma. Inglismaa saatis mitmed insenerid Norramaaale asja lähemalt uurima, ning paari viimase aasta jooksul on seal juba mitmed tehased avatud, muist nendest Norra ehk Daani tehaste oskondadena. Peale selle hakkas asja arendama valitsuse poolt määratud komisjon ja kõigetugevam klassifikatsiooni selts «The British Lloyd», kes ka terasbetoonist laevade tarvis reeglid välja töötab, ning juba esimesi laevu klassifitseerib, millele, nagu teada, nende laevade kinnitusele võtmine järgneb, mida suuremaks võiduks terasbetoon-laevaehituse alal lugeda võib. Just see asjaolu näitab, et Inglismaal, mida hästi konservatiivseks laevaehituse alal loetakse, asja tõsise ning tuleviku sisse ustakse. Juba sellel suvel tehti seal proovisõitused esimese 1000-tonnilise laevaga, mis, nagu ajakirjandusest näha, õnnelikult lõppesid.

Ka Ameerikas hakati sõja lõpu poole agarasti teras (betoonist) laevu ehitama, sellejuures Ameerika masstabidest välja minnes. Seal asuti otsekohe suurte ookeanilaevade ehitamisele, ning arvati neid tosinat viisil vabritseerida. Nii on näituseks teada, et seal juba 1917.—18. aasta suvel San-Franzisko linnas hiiglasuur terasbetoonist laev valmis

*) Võib «Norsk Veritase» büroost Kristiaanias mu-retseda väikese bröshuurina.

tehti, mille peamõeldud järgmised olivat: pikus 102,5 m., laius 13,7 m., kõrgus 9,5 m., sügavkäik 8,3 m., millele umbes 8000 tn. displacement vastavat ning tõstejõud 5000 tn. olevat; laeval on üks 1750 I. H. J. aurumasin, mis proovisõidul 10 sõlme andis. Nagu kuulda, on veel mõned nii suured ning vähemad laevad mitmepool Ameerikas ehitusel. Kuid peab tähendama, et nende laevade kohta veel tõsisemad teated puuduvad ning nende arvu ja suurust ka ametlikkudest aruannetest näha pole, nii et praegu veel selle nagu reklaami peale vaatama peaks, iseäranis, mis Eesti oludesse puutub. Niisugustel ookeani hiiglalaevadel oleks muidugi võimatu suur praktiline tähtsus, et tegelikult näidata, kuivõrd kohane materjal terasbetoon laevaehituses on.

Nimetame veel möödaminnes, et ka Saksamaal, Prantsusmaal, Itaalias, Hollandimaal j. m. viimase paari aasta jooksul suuremaid terasbetoonist auru- ning mootorlaevu ehitusel on, mille tõstejõud kuni 1000—3000 tn. ulatab. Iseäranis hoolsasti töötatavat selles asjas Saksamaal, kus isegi ins. Rüdiger'il korda olevat läinud niisugust betoonsegu üles leida, mis harilikkudest senipruugitud segudest kaks korda kergem olevat.*) Kuid selle segu kui laevaehituses kõlbava materjali kohta puuduvad ligemad teated. Niipalju, kui aga praeguse aja betoonide kohta teada on, võib arvata, et niisuguseid kergeid betoonisid just mitte laeva välisseinte jaoks ei või tarvitada, sest et nad harilikult vett läbi lasevad ning nii vastupidavad ei ole kui raskemad segud.**)

Siin kohal peab üleüldse tunnistama, et paljud ärid reklaami tõttu terasbetoon-laevaehituse kohta niisuguseid teateid laia publikumi tarvis annavad, mis mitte just igakord tõe põhjal ei seisa.***) Nagu ülemal toodud

*) Ins. Rüdigeri enese ütlemise järelle kaaluvat selle betooni kantmeeter 1100—1200 kg, kuna hariliku betooni juures see arv 2200—2400 on. Nende segude põhialeks on muidugi tsemment ning täitematerjaliks bimskivi, shlaakid j. m.

**) M. Foerster. «Grundzüge des Eisenbetonbaues» 1919, ning eri-ajakirjandus.

***) Näituseks ins. Boon ja Rüdiger vähenäevad märksa laeva raskust terasbetoonist laevade tarvis ning tulevad otsusele, nagu võiks need laevad isegi harilikul ajal terasest laevadega võistelda, mis, nagu pärast näeme, tõega kokku ei lepi.

lühikesest ajaloolisest ülevaatest näha, on terasbetoon-laevaehitus sõja laps, koguni noor, kes tegelikult veel kõiki raskusi elus läbi ei ole teinud. Vaatame nüüd ligemalt terasbetoonist laevade häid ning halbu külgi, nagu need praeguse aja teaduse ja praktika põhjal tõesti kindlaks tehtud.

Enne kui asja juure asuda, toome veel mõned andmed terasbetooni kui ehitusmaterjali kohta, nagu see viimasel ajal kindlaks tehtud:

Betoon, mis laevaehituses tarvitusel, on harilikult segu paremast Portland-tsemendist ning sõmerast liivast ja mitmet seltsi kivi-prügist, millele 9—11% vett juure lisatakse. Vaadates segu kokkuseade ning veesisalduse peale, muutuvad betooni omadused teatavates piirides. Nendest omadustest nimetame siin iseäraldi:

1) Betooni kõvenemise ajal väheneb harilikult betooni voluum, nii et selletõttu terasbetoonist ehituste juures betoon peale kõvenemist mitte normaalses vaid pingutud seisukorras on, sest et terasarmatuur, mis betooniga kinni kleebib, voluumi muutmist kinni peab. Selletõttu tekkivad betoonis juba algusest saadik sisemised pingutused (Eigenspannungen), mis aga kardetavad pole, kuid siiski silmas tulevad pidada.

2) Temperatuuri muutumise puhul suureneb betooni voluum umbes niisama, nagu armatuuri jaoks tarvitud teraselgi (terase koefitsient 0,00012, betooni oma keskmiselt 0,00010), millel väga suur tähtsus terasbetoon-ehituste juures on, sest et selle tõttu pingutused terase ja betooni vahel temperatuuri muutumisel pea-äegu puuduvad.

3) Kõvenenud terasbetoon on täiesti vastupidav külmale ning tulekindel. Näituseks kaitseb juba 8 cm paksune sein täiesti tulekahjude ajal kõrvalruumisid.

4) Betooniga hästi kinni kaetud teras ei hakka sugugi roostetama. Nagu uuema aja katsed näitavad, on õige konstruktsiooni puhul, mis pragunemiseks põhjust ei anna, terasarmatuuri kaitsemiseks tarvis ainult välimist betoonikihti mitte alla 2 cm paksuseks teha. Sellest arvust ripub ka siis ära kõige õhem terasbetoonist sein, mis lubada võib, ülemal toodud tingimist silmas pidades, s. o. 4,0 cm + terase paksus.

5) Merevesi mõjub harilikult halvasti betooni peale, lubjaollusi lahundades. Kuid, nagu viimased katsed näitavad, võib seda mõju betooni õigel kokkuseadmisel täiesti hävitada. Selleks on ainult tarvis võrdlemisi rasvane segu võtta ehk betooni hulka trassi (Trass) segada.

6) Betooni omadused ripuvad ära segust. Praeguse aja segud kuival maal on harilikult 1:4 kuni 1:6, s. t. üks osa tsementi ja 46 osa liiva ja kiviprügi. Laevade ehitamise juures tarvitakse palju rasvasemat segu, harilikult 1:2 kuni 1:3. Tähtsamatest arvudest betooni kindluse ülesandmiseks võime siin lühidalt

nimetada: $\lambda = \frac{\sigma}{E_b}$ kus on: λ ühepikkusemõdu pikkenemine, σ -vastav pingutus (Spannung) ja E_b -betooni elastsiteedi number (Elastizitätzahl). Viimane number ripub ära niisama pingutuse suurusest kui ka betooni kokkuseadest, veerikkusest ning vanusest. Näituseks muutub see arv betoonisegu 1:3 tarvis, 8% ja 14% vett sisaldades

| σ | E kg/cm ² | E kg/cm ² | E kg/cm ² |
|----------|----------------------|----------------------|----------------------|
| « | 8% v. | 14% v. | 14% v. |
| 3,0 | 300.000 | 272.000 | — |
| 12,2 | 284.000 | 254.000 | 290.000 |
| 36,8 | 257.000 | 222.000 | 278.000 |
| 61,3 | 240.000 | 209.000 | 268.000 |

Betoon 8 kuud vana. Betoon 2 aastat.

Sellest tabelist, mis prof. E. Mörsch'i katsete abil kokku seatud, selgub, et E vee vähenemisel ja betooni vananemisel suureneb. Betooni kokkuseade mõju E peale võib järgmisest prof. Bach'i poolt kokku seatud tabelist näha:

| Kokkusead | E |
|-----------------------------------|----------------------------|
| Puhas tsement | 250.000 kg/cm ² |
| 1 tsem. : 1,5 liiva | 350.000 » |
| 1 » : 3 » | 315.000 » |
| 1 » : 4,5 » | 230.000 » |
| 1 tsem. : 2,5 liiva : 5 kiviprügi | 298.000 kg/cm ² |
| 1 » : 5 » 6 » | 280.000 » |
| 1 » : 5 » 10 » | 217.000 » |

Sellest tabelist on näha, et kõige suurem moodul 1:1,5 kuni 1:2 betoonisegu juures on, mida ka muud katsed tõendavad.

Harilikude rehkenduste juures loetakse

praktiliselt $\frac{E_t}{E_b} = 15$, kus on E_t -terase elastsit-

siteedi number ja E_b -betooni elastsiteedi number. Kuid rasvasemate segude juures, mis laevaehtuses tarvitusel, võib keskmiselt lugeda, et $\frac{E_t}{E_b} = 10$ on.

Betooni vastupidavus rõhuvate jõudude vastu (σ_b) ripub niisamuti ära segu kokkuseadest, vee rohkusest, betooni vanusest, oludest, milles betoon kõveneb, nagu järgmistest tabelitest näha:

1) Katsed Lichterfelderi materjali proovimise laboratooriumis. Segu 1:5.

| | Vastupidavus rõhumisele, vee sisaldamisel | | |
|---------|---|------|-------|
| Vanus | 5,7% | 8,5% | 11,0% |
| 7 päeva | 91 | 63 | 60 |
| 28 » | 134 | 90 | 90 |
| 3 kuud | 163 | 117 | 132 |
| 6 » | 185 | 121 | 169 |

2) Bach'i katsed betooniseguga 1:2,5:5.

Vastupanevus rõhumisele kg/cm².

| | 28 päeva | 100 päeva | 2 aastat | 6 aastat |
|---------------|----------|-----------|----------|----------|
| Puhas tsement | 337 | 433 | 568 | 604 |
| Betoon | 317 | 348 | 486 | 569 |

3) Katsed Lichterfelderi laboratooriumi poolt 1903. a.

a) Vastupidavus vanuse juures:

| Segu | 28 p. | 3 kuud | 1 a. | 2 a. | 3 a. |
|------|-------|--------|------|------|------|
| 1:3 | 219,0 | 264,0 | 293 | — | 308 |
| 1:4 | 163,8 | 215,8 | 283 | 316 | 320 |
| 1:5 | 101,4 | 140,4 | 190 | 194 | 205 |

b) Betooni vanus 28 p., kiviprügi mõju:

| Segu | 1:1:2 | 1:1:3 | 1:1:4 | 1:2:4 | 1:2:5 |
|---------------------------------|-------------|-------|-------|-------|-------|
| Vastupidavus kg/cm ² | 374 | 358 | 304 | 287 | 259 |
| | vett 12—13% | | | 9,1% | |

Kõikidest nendest katsetest selgub, et: a) betoon kuni 28 p. vanuseni umbes $\frac{1}{2}$ — $\frac{2}{3}$ omast normaal - vastupidavusest omandab, b) vee juurelisamisel esiteks aeglasemalt kõveneb, kuid lõpupoole kiiremalt, c) iga segu juures kõrvaliste ainete (liiv ja kiviprügi) suurenemine betooni vastupanevust vähendab.

Betooni vastupidavus paenutamise juures*) rõhuvast sihhis on, nagu paljud katsed tõendavad, keskmiselt 1,7 korda suurem kui vastupanevus lihtsa rõhumise vastu.

*) Katkemise pingutuse ja teoreetiliste arenduste järel välja rehkendud.

Betooni vastupanevus tõmbavatele jõududele on märksa vähem kui litsuvatele, mis järgmisest tabelist selgesti näha:

| Segu | Vastupanevus litsuvatele jõud. | | Vastupanevusi tõmbavat jõud | | Võrdlusnumber | |
|--------------------|---------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| | Vee sisaldus | | | | | |
| | 7,8 ^o / _o | 9 ^o / _o | 7,8 ^o / _o | 9 ^o / _o | 7,8 ^o / _o | 9 ^o / _o |
| 1 : 2 | 280 | — | 20,4 | — | 13,7 | — |
| 1 : 2 : 3 (Kies) | 224 | 201 | 19,0 | 17,0 | 11,8 | 11,8 |
| 1 : 2 : 3 (Basalt) | 233 | 197 | 21,8 | 20,5 | 10,7 | 9,6 |

Ka teised katsed on näidanud, et tõmbav vastupidavus rasvasemate betoonide juures ühe kuu vanusel umbes 15—12 kg/cm² ja ühe aasta vanusel umbes 20—25 kg/cm² on. Kui nüüd elastitsiteedi mooduliks katkenemise juures keskmiselt 140.000 kg/cm² lugeda, siis näeme, et ühe kuu vanune betoon katkenemise juures $\lambda = \frac{12}{140.000} = 0,000086$ on ning ühe aastase betooni juures $\lambda = \frac{20}{140.000} = 0,000143$. Kui selle pikene-mise järele vastavat terase pingutust silmas pidada, siis näeme, et esimesel juhtumisel pingutus 210 kg/cm² ja teisel juhtumisel 350 kg/cm on. Sellest selgub, et kui terasarmatuuri harilikult lubatud piirini pingutada (800—1200 kg/cm²), siis betoonis nii suured pingutused sünnivad, mis pragunemise ilmsiks toovad. Sellest järgneb, et harilikult konstruktsioonide juures kunagi betooni vastupidavust tõmbavatele jõududele silmas ei peeta ja kui seda ette tuleb, siis selle tõttu merevees terve konstruktsioon rikutud saab, nagu allpool näeme.

Teisest küljest näitavad kõik katsed, et paenutamise juures tõmbavad pingutused keskmiselt 1,8—2,0 korda suuremad võivad olla kui puhta tõmbamise juures*). Paljud katsed, mis selle pingutuse ülimäära kindlaks tegemiseks tehtud, näitasid, et tegelikult seda ülimäära 40—50 kg/cm² arvata võib, kuna aga

*) Mis selle läbi tuleb, et pingutused ühe palgi paenutamise juures selle ristlabilõikes mitte õige joone seaduse järele ei arene, vaid kõvera, nii et keskmised kihid enam vastupanemisest osa võtavad, kui näituseks teraspalgi juures.

rehkendamise juures ainult 24 kg/cm² arvuga võib rehkendada, mis puhta tõmbamise juures ainult 12 kg/cm² on.

Vastupanevus lõikavatele jõududele (Schubfestigkeit) on paljude katsete põhjal leitud keskmiselt 30 kg/cm² olema, sellejuures praktiliselt $\sigma_{\text{lõik}} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{6 \sigma}{\text{rõhuv tõmb}}}$.

Vastupanevus terasarmatuuri betoonist väljakiskumise puhul, millel peatähtsus terasbetooni konstruktsioonis on, on harilikult 15—30 kg/cm², lubatud 4,5 kg/cm².

Kõikide ülemalnimetud arvude põhjal võib lubatud pingutuste ülimäära (Zulässige Spannungen) kindlaks teha. Näituseks lubatakse ehituste juures kuival maal:

- Litsuv pingutus puhas 25—35 kg/cm².
- Litsuv pingutus paenutamise juures 30—40 kg/cm².
- Tõmbav pingutus — ainult harukordadel ja ainult paenutamise juures 3—5 kg/cm².
- Lõikav pingutus 4 kg/cm².
- Kleepivus betooni ja terase vahel 4—6 kg/cm².

Nagu näeme, rehkendakse siin 6—8 kordse kindluse tagavaraga.

Toome siin võrdlemiseks tabeli, kust selgesti näha, kui võrd vastupidav aine betoon ehitusmaterjalina on, võrreldes teiste ehitusmaterjalidega (laevaehituses).

See tabel räägib isegi mitmeeriteadlasele küllalt selgelt, et betoon kui ehitusmaterjal oma vastupidavuse poolest kõigist harilikku-dest ehitusmaterjalidest kaugemale maha jääb. Juba selle tabeli põhjal, vastupidavusi ja kantmeetri raskusi võrreldes, võib a priori tõendada, et terasbetoonist-ehitused kõikidest teistest ülevaltoodud materjalidest ehitustest palju raskemad peaksid olema, et üht ja seda-sama kindlust kätte saada.

| | E g | Vastupidavus | | | | | | Ühe m ³ raskusk _g |
|------------------------------------|----------------------|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------------|--|
| | | Litsuv | | Tõmbav | | Lõikav | | |
| | | katk. | lubat. | katk. | lubat. | katk. | lubat. | |
| Harilik laevaeliit, teras | 2.150.000 830.000 | 3500—4000 | 800—1200 | 3500—4000 | 800—1200 | — | 720—960 | 7850 |
| Paremat sorti teras | 2.200.000 850.000 | 4000—6000 | 1200—1500 | 4000—6000 | 1200—1500 | — | 960—1200 | 7850 |
| Tammepuu | 105.000 | 350 | 80—100 | 960 | 100—120 | 75 300 | 15—20 80—90 | 800 |
| Männipuu | 95.000 | 280 | 60—80 | 800 | 100—120 | 45 260 | 10—15 60—70 | 650 |
| Betoon, kõvenenud (umbes 1 : 3) | 140.000 (katk.) | 200—300 | 30—40 | 12—20 | 0—3 | 20—30 | 4—6 | 2300 |
| Malm | 900.000 350.000 | 7000—8000 | 900 | 1500 | 300 | — | 300 | 7250 |

Mis terasarmatuurisse puutub, siis tarvitakse selleks harilikult ümmargusi profiiliseid harilikust terasest, mille vastupanevus 3300—4400 kg/cm² ja pikenemine umbes 20% on. Mitme äri poolt on igasuguseid eriprofiilisi välja arendatud, mille peaaesandeks oleks terase kinnipidavust betooni sees suurendada. Kuid viimasel ajal on otsusele tulnud, et paremaks profiiliks just ümarikku ehk neljanurget lugema peab, mida siis ka peaaegu erandita tarvitakse niihästi ehituste juures maal kui ka laevade juures.

Enne kui terasbetoonist laevade ehitamise juure tagasi tulla, nimetame veel, et betooni valamist ainult soojal ajal peab toimetama, sest et külma ilmaga (juba alla — 0°C) betoon märksa aeglasemalt kõveneb ja tema omadused alanevad.

Igalt laevalt, mis merele peab minema, nõutakse, et tema:

1) Kindlalt oleks ehitatud, nii et kartuseta oma ülesandeid täita ning iga ilmaga merele sõita võiks, muidugi laevasuurust silmas pidades.

2) Täiesti veekindel oleks, ning seda omadust aja jooksul ei kaotaks.

3) Laeva masinate ehk laenete läbi tekki- vat vibratsiooni ei kardaks.

4) Ökonoomiliselt oleks ehitatud, niisama selles mõttes, et laeva hind tõstejõu/tonni kohta võimalikult odav oleks, kui ka selles, et laevakere raskus ühe tonni tõstejõu kohta võrdlemisi väike oleks.

Mis esimesse punktisse puutub, siis võib tegelikult tunnistada, et praeguse aja teaduse kui ka viimase kümne aasta praktika põhjal terasbetoonist laevu täiesti kindlalt ehitada võib. Paljud, iseäranis mittespetsialistid, on niisugusel arvamisel, nagu oleks betoon niivõrd rabe materjal, mis laeva oludes merelaenatel pragunema peaks. Kuid praktiliselt pole asi mitte nõnda, sest betoon, kui segu asjakohaselt kokku on seatud ja konstruktsioon õieti välja arendatud, on niivõrd vastupidav ja sitke materjal, et pragunemist sugugi tarvis pole karta. Nagu ülemal toodud arvudest näha, võib betoon ainult litsuvatele jõududele vastu panna. Sellejuures lubatakse laevaehituses 30—50 kg/cm² niisama Daani kui ka Norra reeglite järele. Tõmbavaid pingutusi betoonis ei lubata aga sugugi mitte arvesse võtta. Lõikavad pingutused lubatakse kuni 4—6 kg/cm². Kuid, nagu teada, pole pingutused laeva konstruktsiooni juures sugugi ühesugused, vaid muutuvad selle järele, kudas laev on laaditud, kas ta vaikselt vees ehk laenatel ujub jne. Sellejuures muutuvad ühe ja sellesama konstruktsiooni punkti juures pingutused mitte ainult suuruse poolest, vaid koguni sihi poolest (+ muutub — seks). Selle tõttu tuleb laeva konstrueerimise juures terasbetoonist kõige suurema hoolega terve konstruktsioon läbi rehkendada, millejuures ilmsiks tuleb, et betooni laevale kindluse andmiseks pikuti laevas mõetes (Längsfestigkeit) peaaegu sugugi ligi ei või rehkendada, nii et pea kõik pikuti

laeva pingutused armatuur oma peale võtma peab. See tuleb just ilmsiks niisuguste laevade juures, mis suurte laenete peale võivad sattuda, kus pingutused laeva ülemistes ja alumistes osades korraviisi oma sihti sellejärele muudavad, kas laev laene harjale ehk kahe laene vahele sattub. Kõike seda peab konstruktsiooni valimisel ja mõetude määramisel täpisealt silmas pidama, et võimalik oleks täiesti vastupidavat konstruktsiooni luua. Kui kõik need tingimised täidetud, siis võib terasbetoonist laev täiesti niivõrd vastupidav saada, et täiesti kartusetu terve oma eluea merel võib liikuda. Kuid tarvilikku vastupidavust on võimalik ainult siis kätte saada, kui niihästi terast kui ka betooni tarvilikul mõedul võetakse.

Teise punkti kohta peab tähendama, et katsed viimase kümne aasta jooksul on näidanud, et betoon merevees täiesti vastupidav ja veekindel on, kui segu asjakohaselt kokku on seatud. Ennemalt arvati veekindlust ja välimise kihi vastupanevust sellega tõsta, et see kiht iseäralise seguga kaeti, mis harilikult puhtast tsemendist koos seisis, millele teised jällegi igasuguseid eriained juure lisasid. Kuid viimase paari aasta jooksul on katsed niihästi Norramaal kui ka Ameerikas ja mujal näidanud, et neid omadusi palju paremini*) selle läbi kätte võib saada, et kõik välimised laevaseinad võrdlemisi «rasvasest» betoonist valmistakse. Harilik segu selleks Norramaal on 1 : 2. Iga tehas tarvitab muidugi oma proportsiooni segu kokkuseadmisel, mis tihti sellest oleneb, missugused materjalid koha peal saadaval. Näituseks loetakse Norramaal paremaks seguks 1 : 2 kuni 1 : 3, mis pea kõigis tehastes tarvitusel. Prantsuse ins. Gueriette aruannete järele loetakse aga Prantsusmaal paremaks seguks 1,6 : 2 : 4 ja Saksamaal tarvitatakse ins. G. Freder katsete järelduusel segu, mille kokkusead oli: 1 osa puhast Portland-tsementi, 0,6 osa trassi, 1 osa puhast liiva (Mainsand) 0,5—2 mm ja 2 osa sömerat liiva 2—5 mm.**)

*) Välimine veekindel vaap kleepis tihti lahti ehk hakkas pragunema.

**) Beton und Eisen 1919, sept.

seid segusi, mis niihästi veekindlust, kui ka suurt vastupidavust annavad*). Praegu on tegelikult juba ujuvaid pontoonisid ja praamisid olemas, mis üle 25 aasta vanad ning võrdlemisi sugugi oma veekindlust ja vastupidavust kaotanud pole. Kolmandama punkti juure üle minnes peab tähendama, et kõik katsed viimased ajal näitanud on, et betoonist laevad võrdlemisi palju vähem vibreerivad kui vastavad teras- ehk puulaevad, mida sellega tuleb seletada, et betooni mass nii suur ja monoliitiline on, et vibriatsiooni pea-aegu koguni ära kaotab. Seda tõendavad kõik proovisõidud terasbetoonist laevadega 1917—19. a. jooksul.

Kui nüüd viimase, neljandama, punkti juure üle minna, siis näeme, et sellel peatähendus terasbetoon-laevaehituse tuleviku kohta on. Nagu teada, seisab laeva displacementi raskus koos :

$$D = d + p_k + p_m, \text{ kus on:}$$

D — laeva displacement

d — laeva tõstejõud, siia hulka laadiraskest, süte ja muud tagavara, vett ja reisi- ja arvates

p_k — laevakere raskus kõigi sisseseadetega

p_m — laeva masinate ja katelde raskus kõige tagavaraga.

Kui nüüd ühe ja sellesama kiirusega ning tõstejõuga laevu võrrelda, mis ühesuguse vastupidavusega on, siis on see laev kasulik, mille juures $\frac{d}{p_k + p_m}$ suurem on, s. t. mida enam tõstejõu tonniseid ühe tonni tühja laeva raskuse kohta tuleb. Kuid et üht ja seda sama süsteemi masinaid tarvitades p_m ka ei muutu, siis on laev seda kasulik, mida vähem p_k , s. t. laeva kere raskus on. Kui nüüd võrrelda terasest ja terasbetoonist laevu, siis näeme, et terasbetoonist laevad võrdlemisi palju raskemad saavad kui terasest laevad.

(Järgneb.)

*) Inglismaal tarvitati näituseks ühe 1150 tn. laeva ehitamise juures segu 1 : 1,2 : 2,4. Selle laeva mõõdud olid: 205' × 32' × 19'6", $D = 2350$, $HJ = 400$, $v = 7\frac{3}{4}$. Võrdleva teraslaeva mõõdud oleks: 188 × 30'3" × 17'3", $D = 1800$. «Engineering 1918, March 29».