

Sissejuhatus

Projekteerimine:

sellise ehitise kavandamisega seotud tegevused, mis

- täidab soovitud otstarvet;
- vastab ohutusnõuetele;
- nõuab nende nõuete täitmiseks minimaalselt kulutusi.

Hea projekt tagab:

- tellija soovide (nõudmiste) täitmine
- funktsionaalne efektiivsus
- kulude vähendamine
- mõistlik tasakaal ehitusaegsete ja eksploatatsiooniaegsete kulude vahel
- tehnoloogiliselt sobiv lahendus (ehitus, hooldus)
- esteetiliselt sobiv

Tulemuse tagavad:

- eeltoodud nõuete vahel kompromiss vastavalt kokkuleppele tellijaga
- erinevate valdkondade koostöö (tellija, arhitekt, konstruktsioonide projekteerija, eriosade projekteerija, ehitaja)

Projekteerimine on loominguiline tegevus algideest lõpptulemuseni - ei ole ühest ainuvõimalikku lahendust

Konstruktsioonide projekteerija (konstruktori) töö eesmärk

- konstruktsioon peab vastu võtma ettenähtud koormused eksploatatsiooniolukorras
- konstruktsioon peab olema kasutuskõlblik kogu eksploatatsiooniaja jooksul (deformatsioonid, vibratsioon)
- olema nõuetekohaselt stabiilne ja ohutu avariioleukorras (tulekahju, maavärin, plahvatus)
- nõuetekohase heli-, soojusisolatsiooniga ning kaitsma väliskeskkonna mõjude eest
- täitma tellija poolt soovitud funktsioone
- täitma tehiskeskkonnale esitatud esteetilisi nõudeid
- eemärk saavutada minimaalsete kuludega

Konstruktori töö etapid

- lähteülesanne (joonised, tekst)
- konstruktsioonitüübi valk, põhielemendid, vundamendi tüüp, materjalid, koormuste liigid
- konstruktiivne skeem, põhikandekonstruktsiooni materjal, elementide asetus, sidemete skeem
- koormused
- arvutus skeem (konstruktiivne skeem + koormuste skeem)
- sisejõud
- elementide dimensioneerimine
- ühendussõlmed ja elemendid
- tööjoonised

Ehitusseaduses on kehtestatud põhinõuded ehitistele:

- Mehaaniline tugevus, püsivus, kasutusiga.
- Tuleohutus.
- Kasutusohutus.
- Tervislikkus, hügieenilisus, keskkonnaohutus.
- Müratõrje ja heliisolatsioon.
- Energiatõhusus – energiasäästlikkus ja soojapidavus.
- Majanduslikkus – kasutus- ja korrashoiukulud, funktsionaalsus, otstarbekus.
- Sobivus linna- või looduskeskkonda.

Kui ehitis on projekteeritud vastavalt Euroopa standarditele, siis tagatakse põhinõuete täitmine

Eurokoodeksid - Euroopa standardid konstruktsioonide projekteerimises

Eurokoodeksite programmi tagapõhi

1975 aastal alustas Euroopa Ühenduse Komisjon, toetudes riikide vahelisele lepingule ehitusalase tegevusprogrammiga, mille eesmärgiks oli tehniliste takistuste kõrvaldamine kaubavahetuses ja tehniliste tingimuste ühtlustamine. Selle tegevusprogrammi raames otsustati rajada ehitiste kandekonstruktsioonide projekteerimiseks ühtlustatud tehniliste reeglite süsteem, mis esialgu oleks kasutatav liikmesriikides rahvuslike reeglite alternatiivina ja lõpuks asendaks need.

Ehitiste kandekonstruktsioonide Eurokoodeksite programm hõlmab järgmisi standardeid, mis tavaliselt koosnevad reast osadest:

EN 1990	Eurokoodeks 0	Ehituskonstruktsioonide projekteerimise alused;
EN 1991	Eurokoodeks 1	Ehituskonstruktsioonide koormused;
EN 1992	Eurokoodeks 2	Raudbetoonkonstruktsioonide projekteerimine;

EN 1993	Eurokoodeks 3	Teraskonstruksioonide projekteerimine;
EN 1994	Eurokoodeks 4	Terasest ja betoonist komposiitkonstruktsioonide projekteerimine;
EN 1995	Eurokoodeks 5	Puitkonstruktsioonide projekteerimine;
EN 1996	Eurokoodeks 6	Kivikonstruktsioonide projekteerimine;
EN 1997	Eurokoodeks 7	Geotehniline projekteerimine;
EN 1998	Eurokoodeks 8	Ehitiste projekteerimine maavärinat taluvaks;
EN 1999	Eurokoodeks 9	Alumiiniumkonstruktsioonide projekteerimine.

Euroopa standardid tunnustavad iga liikmesriigi pädeva ametkonna vastutust ja tagavad nende õiguse määrata rahvuslikul tasandil varutegureid, kui need jäävad riigiti erinevateks.

EVS-EN 1990 Ehituskonstruksioonide projekteerimise alused

EN 1990 kirjeldab konstruktsioonide ohutuse, kasutatavuse ja kestvusega seotud põhimõtteid ja nõudeid. EN 1990 aluseks on piirseisundite ja osavarutegurite meetodi samaaegne rakendamine.

Uute konstruktsioonide projekteerimisel on EN 1990 ette nähtud kasutamiseks koos Eurokoodeksitega EN 1991 kuni 1999.

EN 1990 annab juhtnõore konstruktsioonide ohutuse, kasutatavuse ja kestvuse hindamiseks ka arvutusolukordades, mida ei käsitle EN 1991 kuni 1999 (erinevad koormused, konstruktsioonitüübid, materjalid).

EN 1990 on mõeldud kasutamiseks

- konstruktsioonide projekteerimise ja sellega seotud toote-, katsetamis- ning teostusstandardeid koostavatele komiteedele;
- tellijatele (ehitiste töökindluse ja kestvuse erinõuete formuleerimiseks);
- projekteerijatele ja ehitajatele;
- pädevatele ametkondadele.

Osavarutegurite ja muude töökindluse parameetrite arväärtusi soovitatakse kui baasväärtusi, mis tagavad üldtunnustatud töökindluse taseme. Need väärtused on valitud eeldusel, et rakendatakse piisavalt kõrgetasemelist tööjõudu ja kvaliteedi juhtimist. Teistes CEN/TC dokumentides, mille alusdokumendiks on EN 1990, tuleb

kasutada samu osavarutegurite ja muude parameetrite väärtusi.

EN 1990 on ette nähtud kasutamiseks koos EN 1991 kuni EN 1999-ga hoonete ja rajatiste konstruktsioonide projekteerimisel, hõlmates ka geotehnika aspekte, ehituslikku tuleohutust ning maavärina, ehitamise ja ajutiste konstruktsioonidega kaasnevaid olukordi.

EN 1990 on kasutatav ka olemasolevate konstruktsioonide ehituslikuks hindamiseks remondi ja rekonstruktsiooni projekteerimisel või kasutusotstarbe muutmisel.

EN 1990 üldised eeldused on:

- kandesüsteemi skeemi valib ja konstruktsiooni projekteerib kvalifitseeritud ning kogemustega personal;
- ehitajal on tööks vastavad oskused ja kogemused;
- tööde teostamise käigus, s.t projektbüroos, tehases ning ehitusplatsil tagatakse nõuetele vastav järelevalve ja kvaliteediohje;
- kasutatakse EN 1990 või EN 1991 ... EN 1999 või vastavates teostusstandardites või viidatud dokumentides või tootekirjeldustes spetsifitseeritud ehitusmaterjale ja -tooteid;
- konstruktsioone hooldatakse nõuetele vastavalt;
- konstruktsioone kasutatakse vastavalt projektis aluseks võetud eeldustele.

EN 1990 rahvuslik lisa

EN 1990 annab alternatiivsed protseduurid, väärtused ja soovitused koos viitega, kus nende vahel võib teha rahvusliku valiku. Seepärast peaks EN 1990-t rakendavas rahvuslikus standardis olema rahvuslik lisa, milles on toodud kõik vaadeldaval maal ehitatavate hoonete ja rajatiste projekteerimisel kasutatavad rahvuslikult määratud parameetrite väärtused.

Terminid ja määratlused

(1) Ehitamisega seotud terminid

- ehitamine: ehituse või ehitustehnilise töö teostamiseks vajalik tegevus. See termin hõlmab tööd ehituskohal; see võib tähendada ka detailide valmistamist väljaspool ehitusplatsi ja seejärel toimuvat montaaži ehitusplatsil;

- ehitise liik: termin, mis viitab ehitise või ehitustehnilise töö funktsioonile - näiteks tööstusehitis, elamu, maantee-sild jne.;
- kandekonstruksioon (*kandetarind*): organiseeritud kogum ühendatavaid elemente, mis on projekteeritud tagama teatud lõpliku jäikuse;
- konstruktiivne skeem (*arvutusskeem*): konstruktiivse süsteemi lihtsustatud skeem, arvutusmudel;
- konstruktiivne süsteem: hoone või rajatise kandelemendid ja viis, kuidas neid eeldatakse üheskoos toimivat;
- konstruktsiooni liik: konstruktsiooni (kande-)funktsiooni iseloomustav termin, näiteks tala, post, kaar, rips-sild jne.;
- konstruktsiooni tüüp: viide konstruktsiooni põhimaterjalile - näiteks raudbetoonkonstruktsioon, teraskonstruktsioon jne.

(2) Projekteerimisel kasutatavad tähtsamad terminid:

- projekteeritud kasutusiga: oletatav ajavahemik, mille kestel konstruktsiooni kavatakse kasutada etteantud hooldamise tingimustes, kuid ilma oluliste vältimatute remontideta;
- arvutusolukord: teatud ajavahemikus esinevad füüsilised tingimused, mille puhul tuleb tagada, et piiriseisundeid ei ületata;
- ajutine arvutusolukord: olukord, mille kestus on lühike võrreldes konstruktsiooni projekteeritud kasutusega ja milline võib teatud tõenäosusega esineda näiteks ehitamise või remondi ajal;
- alaline arvutusolukord: olukord, mille kestus on sama suurusjärku konstruktsiooni projekteeritud kasutusega. See vastab enamasti tavalistele kasutustingimustele;
- arvutuskriteeriumid: iga piiriseisundi tingimuste täitmist kirjeldavad kvantitatiivsed suurused;
- erakorraline olukord: olukord, millega kaasnevad erandlikud tingimused konstruktsioonidele, näiteks tulekahju, plahvatus, kokkupõrge või kohalik vigastus;
- piiriseisund: seisund, mille ületamisel konstruktsioon enam ei täida talle ettenähtud funktsioone;
- kandepiiriseisund: konstruktsiooni purunemise või oluliste kahjustustega kaasnev seisund, mis tavaliselt vastab konstruktsiooni või selle osa suurimale kandevõimele;

- kasutuspiiriseisund: seisund, mille ületamisel konstruktsioon või tema osa ei ole enam suuteline täitma talle esitatud eksploatatsiooni-nõudeid. See vastab normaalse kasutatavuse kriteeriumidele;
- kandevõime: elemendi, ristlõike või konstruktsiooni mehhaaniline omadus, mida mõõdetakse enamasti jõu või momendi ühikutes, näiteks paindekandevõime, tõmbekandevõime, nõtkekandevõime jne.;
- tugevus: materjali mehhaaniline omadus, mida mõõdetakse tavaliselt pinge ühikutes.

(3) Koormustega seotud terminid:

- koormus: konstruktsioonile mõjuv jõud (otsene koormus) või välistingimustest põhjustatud deformatsioon (kaudne koormus, mõjur). Kaudseteks koormusteks on näiteks temperatuuri muutused, niiskuse mõju, vajumised jne.;
- alaline koormus (G): koormus, mis mõjub tõenäoliselt konstruktsiooni kogu arvutusolukorra vältel ja mille suuruse muutumine ajas on tühine või toimub kogu aeg kindlas suunas, kuni koormuse suurus saavutab teatud piirväärtuse;
- arvutuskoormus (F_d): suurus, mis on saadud normikoormuse korrutamisel osavaruteguriga γ_F ;
- erakorraline koormus (A): reeglina kestuselt lühiajaline koormus, mille esinemise tõenäosus projekteeritud kasutusea vältel on väike. Avarii-koormus võib põhjustada paljudel juhtudel raskeid tagajärgi, kui ei võeta kasutusele eriabinõusid;
- staatilised koormused: koormused, mis ei tekita konstruktsioonile või tema osadele olulist kiirendust;
- dünaamilised koormused: koormused, mis põhjustavad konstruktsioonile või tema osadele märgatava kiirenduse;
- kinniskoormus: koormus, mille paiknemine konstruktsiooni ulatuses on püsiv ning mille suurus ja suund on määratud kogu konstruktsiooni ulatuses.
- koormusvariant (ingl.k. *load arrangement*): liikuva koormuse asendi, suuruse ja suuna fikseering;
- koormusjuhtum (ingl.k. *load case*): kokkusobivad koormusvariandid, deformatsioonid ja ebatäpsused, mis võetakse arvutustes vaadeldaval juhul (kvalitatiivselt) arvesse;
- koormuskombinatsioon (ingl.k. *combination of actions*): arvutuskoormuste kogum, mida kasutatakse konstruktsiooni arvutamisel piiriseisundis mitme koormuse üheaegsel mõjumisel;

- koormustulem: koormuste mõju konstruktsioonelementide seisundile, näit. sisejõud, momendid, pinged, pikenemised jne.;
- liikuv koormus: koormus, mille paiknemine ja suurus võivad suvaliselt muutuda konstruktsiooni ulatuses;
- muutuva koormus (Q): koormus, mis tõenäoliselt ei mõju kogu arvutusolukorra vältel, või mille suurus võib ajas oluliselt muutuda;
- Muutuva koormuse normväärtus nn. "omaväärtus". Juhul, kui normikoormus määratakse statistiliste meetoditega, siis selle suurus võetakse selline, et seda etteantud tõenäosusega ei ületataks konstruktsiooni projekteeritud kasutusea või arvutusolukorra kestel. Normikoormusi kasutatakse piirseisundite meetodi puhul;
- muutuva koormuse tavaline väärtus: koormuse suurus, mis on määratud nii, et vaadeldava ajavahemikuga võrreldes aeg, mille jooksul see väärtus ületatakse, on tühine, või mille ületamise esinemis-sagedus on piiratud;
- muutuva koormuse tõenäoline väärtus (...*quasi permanent value*): koormuse suurus, mis on määratud nii, et vaadeldava ajavahemikuga võrreldes aeg, mille jooksul see väärtus ületatakse, on märkimis-väärne; □ *muutuva koormuse matemaatiline ootus (keskmine suurus)*;

(4) Materjalide omadustele viitavad terminid:

- materjali omaduse arvutuslik väärtus (arvutusväärtus) X_d : suurus, mis saadakse normatiivse väärtuse jagamisel osavaruteguriga γ_M ;
- materjali omaduse normatiivne väärtus (normiväärtus) X_k : materjali omaduse väärtuse alumine (ülemine) piir, mida teatud tõenäosusega ei saavutata oletatavas lõpmatus katsete seerias. See vastab tavaliselt konstruktsiooni materjali teatud omaduse statistilise jaotusega määratud *fraktiilile*. Teatud tingimustes kasutatakse normiväärtusena nimiväärtust.

(5) Geomeetriliste mõõtmetega seotud terminid:

- normatiivne väärtus: suurus, mis tavaliselt vastab projekteerija poolt määratud mõõtmetele;
- arvutusväärtus: tavaliselt nimiväärtus.

Konstruktsioon tuleb projekteerida ja ehitada nii, et see ettenähtud kasutusea jooksul, nõutava töökindluse astmega ning säästlikult talub kõiki ehituse ja kasutusea jooksul esineda võivaid koormusi ja mõjureid ning püsib ettenähtud otstarbeks kasutuskõlblikuna.

Konstruksioon tuleb projekteerida nii, et sellel on nõuetekohane kandevõime, kasutuskõlblikkus ja kestvus.

Tulekahju korral peab konstruktsiooni kandevõime säilima nõutud ajavahemiku jooksul.

Konstruksioon tuleb projekteerida ja ehitada nii, et tema kahjustus plahvatuse, löögi, inimlike vigade v.m.s tagajärjel poleks *kohatult* suur võrreldes põhjusega.

Projekteeritud kasutusiga

Tabel - Näitlik projekteeritud kasutusea liigitus

Projekteeritud kasutusea kategooria	Projekteeritud kasutusiga (aastad)	Näited
1	10	Ajutised konstruktsioonid ⁽¹⁾
2	10 - 25	Asendatavad konstruktsiooniosad, nt kraanatalad, toed
3	15 - 30	Põllumajanduslikud jms konstruktsioonid
4	50	Hoonete ja muu sarnase kandekonstruktsioonid
5	100	Monumentaalsed hooned, sillad jm ehitustehnilised rajatised

⁽¹⁾ Konstruktsioone või nende osi, mida saab lahti monteerida uuesti kasutamise eesmärgiga, ei tohiks lugeda ajutiseks konstruktsiooniks.

Konstruksiooni arvutus põhimõtted

Piir seisundid

Konstruksiooni arvutusega kontrollitakse, et ei ületataks mingi **piir seisundi** tingimusi. Kontrollida tuleb kõiki võimalikke arvutusolukordi ja neile vastavaid võimalikke koormusjuhte. Üldjuhul tehakse vahet kande- ja kasutuspiir seisundite vahel.

Kandepiir seisundid seostuvad konstruktsiooni purunemise, staatilise tasakaalu kaotuse, stabiilsuse kaotuse või muude kahjustustega, millest tulenevad konstruktsiooni kandevõime kaotus ja oht inimestele.

Kasutuspiir seisundid lähtuvad konstruktsiooni normaalse kasutamise nõuetest, inimeste mugavusest ja ehitiste välimusest (deformatsioonid, vibratsioonid, mittekandvate elementide kahjustused). Johtuvalt sellest, kas koormuse põhjustatud tagajärjed jäävad alles ka pärast koormuse mõju eemaldamist või kaovad, võib kasutuspiir seisund olla taastumatu või taastuv.

Arvutusolukorrad valitakse selle järgi, missugustes tingimustes peab konstruktsioon oma otstarvet täitma. Eristatakse järgmisi arvutusolukordi:

- **alalised** (normaalsed kasutustingimused),
- **ajutised** (ajutised tingimused, näiteks ehituse või remondi ajal),
- **erakordsed** (tulekahju, kokkupõrke või lokaalse purunemise tagajärjed jms).

Arvutus peab näitama, et arvutusolukorrale vastavas ajavahemikus piirseisundit ei ületata.

Koormusjuhu moodustavad füüsikaliselt kokkusobivad, samaaegselt mõjuvad koormusvariandid.

Koormusvariant on määratud koormuse asendi, suuruse ja suuna väärtusega vaadeldaval hetkel.

Koormuste liigitus

Koormused liigitatakse:

- ajalise kestuse järgi:
 - alalised e püsikoormused (G) – konstruktsioonide omakaal, püsiv tehnoloogiline sisseade ja teede pinnakatte kaal, otsesed mahukahanemise ja ebaühtlase vajumise põhjustatud koormused, eelpingekoormus (P);
 - muutuvkoormused (Q) – kasuskoormus vahelagedele, tuulekoormus, lumekoormus, jääkoormus, liikuvate transpordiseadmete koormus, koormused konstruktsioonide transportimisel, ilmastikust sõltuv temperatuurikoormus;
 - erakordsed koormused (A) – plahvatused, sõidukite põrge;
- mõjumisviisi järgi:
 - staatilised koormused, mis ei põhjusta konstruktsioonis arvestatavaid kiirendusi,
 - dünaamilised koormused, mis põhjustavad arvestatavaid kiirendusi.

Koormuse väärtused

Piirseisundi kontrollimisel lähtutakse koormuse **normväärtusest**. Koormuse F normväärtus F_k määratakse kas nimiväärtusena või kooskõlastatult tellijaga projektdokumentatsioonis. Arvutused tehakse **arvutusväärtustega**, mis saadakse normväärtuste korrutamisel **osavaruteguri** ja **kombinatsiooniteguritega**. Osavarutegur võtab arvesse koormuse võimalikku hälvet normväärtusest ebasoodsamas suunas. Kombinatsioonitegur arvestab samaaegselt mõjuvate muutuvkoormuste kõige ebasoodsamate väärtuste samaaegse mõjumise tõenäosust.

Koormuse F arvutusväärtuse F_d üldkuju:

$$F_d = \gamma_f \psi F_k$$

kus F_k on koormuse normväärtus

γ_f – koormuse osavarutegur

ψ on kas 1,00 või ψ_0 , ψ_1 või ψ_2

Kui on vaja teha vahet alaliste koormuste soodsal ja ebasoodsal mõjul, siis kasutatakse kaht erinevat osavarutegurit ($\gamma_{G,inf}$ ja $\gamma_{G,sup}$).

Koormusi rakendatakse arvutustes kombinatsioonidena, vastavalt valitud koormusjuhtudele ja piirlokordadele. **Koormuskombinatsioon** on samaaegselt mõjuvate üksikkoormuste kogum. Piirseisundi kontrollimisel määratakse konstruktsioonis koormuste mõjul tekkinud sisejõudude, pingete, paigutiste jm arväärtused. Seejuures võetakse arvesse kõigi kombinatsioonis samaaegselt mõjuvate koormuste mõju. Iga koormuskombinatsioon peab sisaldama püsikoormust ja lisaks sellele kas domineerivat muutuvkoormust või erakordset koormust. Domineeriv muutuvkoormus koormuskombinatsioonis on see, mille mõju koormustulemile (sisejõud, pinge, deformatsioon vms) on teistest muutuvkoormustest suurem.

Kandepiirseisundi koormuskombinatsioonid

Alaliste või ajutiste arvutusolukordade koormuskombinatsioonid

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_0 Q_{k,i}$$

kus “+” ja Σ tähistavad mõjumist samaaegselt ühes kombinatsioonis. γ on koormuse osavarutegur vastavalt indeksile. $Q_{k,1}$ – domineeriv muutuvkoormus, $Q_{k,i}$ – muu muutuvkoormus. Kui ei ole ilmne, milline muutuvkoormustest on domineeriv, tuleb vaadelda erinevaid variante, käsitledes kordamööda iga muutuvkoormust kui domineerivat.

Erakordse arvutusolukorra koormuskombinatsioonid

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + A_d (\psi_{1,1} \text{ või } \psi_{2,1}) Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

Valik $\psi_{1,1} Q_{k,1}$ või $\psi_{2,1} Q_{k,1}$ vahel sõltub vastavast erakordsest arvutusolukorrast (löök või kokkupõrge, tulekahju jms) või konstruktsiooni säilimisest pärast erakordset juhtumit või olukorda. Erakordse arvutusolukorra koormuskombinatsioonid peavad kas sisaldama otseselt erakordset koormust A (tuli, löök vms) või viitama olukorrale pärast avariisündmust ($A = 0$). Tulekahjuolukorra puhul, arvestamata temperatuuri mõju materjali omadustele, peab A_d väljendama tulekahjust tingitud temperatuuri kaudset mõju.

Tegurite γ ja ψ väärtused võetakse tabelist 8.2.

Kasutuspiiriseisundi koormuskombinatsioonid

Koormuskombinatsioonid, mida arvestatakse vastavates arvutusolukordades, peavad olema kooskõlas kasutusnõuete ja -tingimustega.

Normkombinatsioon (kasutuspiiriseisundi normatiivne koormuskombinatsioon, harv):

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Üldjuhul rakendatakse normkombinatsiooni taastumatute kasutuspiiriseisundite puhul.

Tavakombinatsioon (kasutuspiiriseisundi tavaline koormuskombinatsioon):

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

Üldjuhul rakendatakse taastuvate kasutuspiiriseisundite puhul.

Tõenäoline koormuskombinatsioon sisaldab:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

Üldjuhul rakendatakse tõenäolist kombinatsiooni koormuse pikaajalise toime ja konstruktsiooni välimusega seonduvate kasutuspiiriseisundite korral.

Kõikides kasutuspiiriseisundi kontrollavaldistes võetakse kõigi osavarutegurite väärtuseks 1,0.

Tabel Arvutiskoormused kandepiiriseisundi koormuskombinatsioonides

Arvutus- olukord	Alalised koormused G_d	Sõltumatud muutuv- koormused Q_d	Avariikoormused A_d
---------------------	-----------------------------	---------------------------------------	--------------------------

	Ebasoodne mõju	Soodne mõju	Domineerivad	muud	
Alaline ja ajutine	$\gamma_{Gj,sup} G_{kj,sup}$	$\gamma_{Gj,inf} G_{kj,inf}$	γQ_{k1}	$\gamma_{Qi} \psi_{0i} Q_{ki}$	-
Erakordne olukord	$G_{kj,sup}$	$G_{kj,inf}$	$\psi_{11} Q_{k1}$ või $\psi_{21} Q_{k1}$	$\psi_{2i} Q_{ki}$	$\gamma_A A_k$ või A_d

Tabel 8.2. Osavarutegurid kandepiirseisundis

Koormuse liik	Osavaruteguri tähis	Arvutusolukord	
		alaline/ajutine	avarii
Püsikoormused konstruktsioonide omakaalust, pinnasest ja pinnaseveest: staatilise tasakaalu kaotus (ei sõltu materjali tugevusest) – ebasoodne mõju – soodne mõju kandevõime kaotus (sõltub materjali tugevusest) – ebasoodne mõju – soodne mõju	$\gamma_{G,sup}$	1,10	1,00
	$\gamma_{G,inf}$	0,90	1,00
	$\gamma_{G,sup}$	1,2	1,00
	$\gamma_{G,inf}$	1,00	1,00
Vundamendi või pinnasega seotud konstruktsioonelemendid, pinnase või pinnasevee rõhust tingitud konstruktsiooni kandevõime kaotus; pinnase tugevusest sõltuv kandevõime kaotus	γ_G	1,00	1,00
Muutuvkoormused: (ebasoodne mõju) – kõik juhud, v.a pinnase tugevusest sõltuv kandevõime kaotus – pinnase tugevusest sõltuv kandevõime kaotus	γ_Q	1,50	1,00
	γ_Q	1,30	1,00
Avariikoormused	γ_A	-	1,00

Tabel Arvutuskoormused kasutuspiirseisundi koormuskombinatsioonides

Kombinatsioon	Püsikoormused	Muutuvkoormused	
		Domineeriv	Muud
Normatiivne (harv)	G_k	Q_{k1}	$\psi_{01} Q_{k1}$
Tavaline	G_k	$\psi_{11} Q_{k1}$	$\psi_{21} Q_{k1}$
Tõenäoline	G_k	$\psi_{21} Q_{k1}$	$\psi_{21} Q_{k1}$

Tabel Kombinatsioonitegurid

Koormuse liik	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Kasuskoormused			
– klass A (eluruumid jms)	0,7	0,5	0,3
– klass B (bürooruumid jms)	0,7	0,5	0,3
– klass C (ruumid, kus on võimalik inimeste kogunemine)	0,7	0,7	0,6
– klass D (kauplused, kaubamajad)	0,7	0,7	0,6
– klass E (laod)	1,0	0,9	0,8
Liikluskoormused hoonetes:			

– klass F (liikluspinnad kergetele sõidukitele ≤ 30 kN)	1,0	0,9	0,6
– klass G (liikluspinnad sõidukitele 30...160 kN)	0,7	0,5	0,3
– klass H (katused)	0	0	0
Lumekoormus	0,5	0,2	0
Tuulekoormus	0,6	0,2	0
Temperatuur (v.a tulekahju puhul)	0,6	0,5	0

Omakaalukoormused

Omakaalukoormuste hulka loetakse konstruktsioonide omakaal, neile kinnitatud statsionaarsete seadmete kaal, samuti pinnase kaal. Käesolevas peatükis esitatakse ehitusmaterjalide ja muude materjalide mahukaalude normväärtused. Konstruktsioonide omakaalukoormus määratakse projektmõõtmete ja materjalide mahukaalu järgi. Võimalusel tuleb omakaalu täpsustada tootja andmete järgi.

Näiteks ehitusmaterjalid:

Tabel. Ehitusmaterjalid

Materjal	Mahukaal γ kN/m ³
Betoon:	
kergbetoon	
tihedusklass 1,0	9...10
tihedusklass 1,2	10...12
tihedusklass 1,4	12...14
tihedusklass 1,6	14...16
tihedusklass 1,8	16...18
tihedusklass 2,0	18...20
normaalbetoon	24
raudbetoon ja pingbetoon	25
Mört:	
tsementmört	19...23
kipsmört	12...18
lubitsementmört	18...20
lubimört	12...18
Krohv:	
tsementmördist	18
segamördist	17
lubimördist	16
Looduskivid:	
basalt, graniit, gneiss	27...31
lubjakivi (paekivi)	24...26
marmor	28
liivakivi	21...27
Tehiskivid:	
betoonkivi	21
savitellis	16...19
silikaattellis	17...20
õõnestellis	13...15
tuhkplokid	4...7,5
Looduskivimüritis:	
kividest $\gamma = 24$ kN/m ³	24
kividest $\gamma = 20$ kN/m ³	18,5
	13

kividest $\gamma = 12 \text{ kN/m}^3$	
Tellismüüritis:	12...18
savitelistest	11...14
õõnestelistest	20...24
klinkertelistest	18...19
silikaattelistest	
Metallid:	27
alumiinium	71
malm	76
separaud	77
teras	88
vask	
Puit:	5
mänd, kuusk (õhkuiv)	7...8
mänd, kuusk (märg)	7...8
saar, tamm, pöök, kask	8...10
värskelt raiutud puit	
Puitplaadid:	4
vineer	4...8
puitlaastplaadid	6...12
tsementlaastplaadid	10
kõvad puitkiudplaadid	8
poolkõvad puitkiudplaadid	4
pehmed puitkiudplaadid	
Soojustusmaterjalid:	
mineraalvilltooted	0,5...2
puistevillad	0,5...1
vahtplastid	0,3...1
Muud materjalid:	
klaas	25
klaasplokid	8
plastid:	
akrüülplaadid	12
polüstüreen (graanulid)	0,25
kipsplaadid	7...9
keraamilised plaadid	18...20
ehituspapp	7
linoleum	11...18
asfaltbetoon	25
bituumenmastiks	18

Kasuskoormused

Kasuskoormus on muutuv liikukoormus inimeste, mööbli, teisaldate vaheseinte, ladustatud kaupade, seadmete, liiklusvahendite jms kaalust. Arvestada tuleb ka erandolukordi, näiteks mööbli vm esemete kuhjumine remondi või kolimise tõttu. Kasuskoormusi käsitletakse ühtlaselt jaotatuna või koondatuna või nende kombinatsioonina.

Põranda-, vahelae- ja katusepinnad liigitatakse nelja rühma:

- ruumide pinnad,
- garaazid ja muud sõidukitele mõeldud pinnad (liikluspinnad),
- lao- ja tootmispinnad,
- katused.

Käesolevas peatükis esitatud koormused sisaldavad ka selliseid dünaamilisi mõjusid, mis ei

põhjusta arvestatavaid inertsjõudusid. Avariikoormusi ei käsitleta, lao- ja tootmispindade osas antakse juhised arvvaartuste määramiseks, liikluskormuste osas käsitletakse ainult sõidukeid, mille brutokaal ei ületa 160 kN.

Iga vahelae dimensioonimisel arvestatakse koormuse kõige ebasoodsamat paiknemist. Juhul kui tuleb arvestada ka teiste korruste koormusi, võib neid käsitleda ühtlaselt jaotatud liikumatute koormustena. Küllalt suure koormuspinna puhul vähendatakse vahelagede ühelaadseid kasuskoormusi teguriga α_A .

Mitmekorruseliste hoonete postide ja kandeseinte projekteerimisel käsitletakse vahelagede koormusi ühtlaselt jaotatuna. Juhul kui konstruktsioon kannab mitme vahelae kasuskoormusi, vähendatakse neid teguriga α_n .

Kui koormuskombinatsioonis on lisaks kasuskoormustele teisi muutuvkoormusi, siis käsitletakse kõiki kasuskoormusi ühe koormusena. Kui koormuskombinatsioonis kasutatakse kasuskoormuse kombinatsiooniteguriga vähendatud esindussuurus, siis võetakse kõigi korruste koormused ilma vähendustegurita α_n .

Kasuskoormused ruumide põrandatele

Hooned on jaotatud funktsiooni järgi gruppidesse:

A – eluruumid, haiglapalatiid, hotellide numbritoad, köögid ja WC-d;

B – bürooruumid;

C – ruumid, kuhu võib inimesi koguneda (v.a grupid B, D, E):

C1 – laudadega ruumid (klassiruumid, kohviku- ja restoranisaalid, lugemissaalid);

C2 – statsioonarsete istmetega ruumid (kirikud, teatri- ja kinosaalid, konverentsi- ja loenguruumid, ootesaalid);

C3 – ruumid, kus inimesed võivad vabalt liikuda (muuseumid, näituseruumid, ühiskondlike hoonete, hotellide jms vestibüülid ja koridorid);

C4 – ruumid füüsilise tegevuse jaoks (tantsusaalid, võimlad, näitelavad);

C5 – ruumid rahvakogunemisteks (kontserdisaalid, tribüünidega spordisaalid, katuseterrassid, ühendusteel);

D – kauplused:

D1 – väikekaupluste ruumid;

D2 – kaubamajade ruumid (ka nende laoruumid, paberi- ja kontorikaupade kauplused jne)

E – ruumid, kus on võimalik suurte kauba- või materjalikoguste kuhjumine (laopinnad, arhiivid, raamatukogude hoidlad), sh ruumide ühendusteel.

Pinna- ja koondkoormused erinevate gruppide ruumide põrandatele on toodud tabelis 8.12.

Tabel. Ruumide kasuskoormused

Ruumi grupp		q_k kN/m ²	Q_k kN
A	üldiselt	2,0	2,0
	trepikojad	3,0	2,0
	rõdud	4,0	4,0
B		3,0	2,0
C	C1	3,0	4,0
	C2	4,0	4,0
	C3	5,0	4,0
	C4	5,0	7,0
	C5	5,0	4,0
D	D1	5,0	4,0
	D2	5,0	7,0
E		6,0	7,0

Koondkoormuse mõjupinnaks on ruut küljepikkusega 50 mm.

Pinna suurusest tulenev vähendustegur:

$$\alpha_A = c\psi_0 + \frac{A_0}{A} \leq 1,0$$

kus $c = 5/7$, $A_0 = 10,0 \text{ m}^2$, ψ_0 on kombinatsioonitegur.

Korruste arvust tulenev vähendustegur:

$$\alpha_n = \frac{[2 + (n-2)\psi_0]}{n}$$

kus $n > 2$ on vaadeldavast konstruktsioonist kõrgemal olevate korruste arv, ψ_0 on kombinatsioonitegur.

Garaažid ja muud liikluspinnad

Grupp F: kergete sõidukite jaoks (sõiduki brutokaal ei ületa 30 kN, istekohtade arv ei ületa 8).

Grupp G: keskmise kaaluga sõidukitele (kaheteljelised sõidukid brutokaaluga 30...160 kN).

Ühelt teljelt üleantava koondkoormuse skeem on esitatud joonisel 8.1.

Tabel. Liikluspindade kasuskoormused

Pinna grupp	q_k kN/m ²	Q_k kN
F	2,0	10,0
G	5,0	45,0

Koondatud ja jaotatud koormus mõjuvad üheaegselt. Koondatud koormuste paiknemine valitakse, lähtudes kõige ebasoodsamast asendist kandekonstruktsioonidele. Gruppidele F ja G vähendustegureid α ei rakendata.

Lao- ja tootmispinnad

Laopindade vertikaalkoormused määratakse lähtudes materjalide tihedusest, toodete kaalust ja maksimaalsest ladustamiskõrgusest. Koormus määratakse maksimaalne reaalselt võimalik, arvestades selle kõige ebasoodsamat võimalikku asetust.

Tootmispindade koormused koosnevad masinate, seadmete ja muude tootmiseks vajalike vahendite kaalust. Tõste- ja transpordivahendite kaalu ei tohi modelleerida ühtlaselt jaotatuna, vaid tuleb käsitleda täpsemalt.

Katused

Katused jaotatakse gruppidesse:

H – katused, kuhu pääseb ainult hoolduseks, remondiks ja puhastustöödeks;

I – katused, mille kasutamise laad ja koormused vastavad vahelae gruppidele A...G;

K – erifunktsiooniga katused (nt helikopteri maandumisväljakud jms), mille koormus määratakse lähtudes konkreetsetest tingimustest.

Tabel. Koormused H-grupi katusele

Katuse kalle	q_k kN/m ²	Q_k kN
$\leq 20^\circ$	0,75	1,5
$\geq 40^\circ$	0,0	1,5
Vahepealse kalde puhul interpoleeritakse		

Üksteisest sõltumatute koondkoormuste ja jaotatud koormuse mõju vaadeldakse eraldi. Koondkoormuse mõjupinnaks on ruut küljepikkusega 50 mm. Pinna suurusel tulenevat vähendustegurit ei rakendata. Võimalik vee kogunemine katusele arvestatakse koormusena.

Rõhtkoormused

Inimeste põhjustatud rõhtkoormuse normväärtused on toodud tabelis 8.15.

Projekteerimise alused. Koormused

Käesolev tekst on õppematerjal ja ei sobi muuks otstarbeks (projekteerimine vms)

Tabel. Rõhtkoormused käsipuudele ja seintele

Ruumi grupp	q_k kN/m
A	0,5
B ja C1	1,0
C2...C4 ja D	1,5
C5	3,0

Seintel arvestatakse rõhtkoormust rakendatuna käsipuudega samale kõrgusele, kuid mitte kõrgemale kui 1,20 m. Rahvakogunemise kohtades (staadionid, tribüünid, konverentsi- ja peosaalid jms) võetakse rõhtkoormus grupi C5 järgi.