

## KIILVAIVUNDAMENTIDE PROJEKTEERIMISE ALUSED

Wedge pile foundation design bases

## EVS-I TEHNILISE SPETSIFIKATSIOONI EESSÕNA

See EVS-i tehniline spetsifikatsioon on

- koostatud esimest korda;
- jõustunud sellekohase teate avaldamisega EVS Teataja 2025. aasta novembrikuu numbris.

Dokumendi koostamise ettepaneku on esitanud tehniline komitee EVS/TK 13 „Ehituskonstruksioonide projekteerimine“. Dokumendi koostamist on korraldanud Eesti Standardimis- ja Akrediteerimiskeskus ning osaliselt rahastanud Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium.

Dokumendi on koostanud AS Kurmik töörühm: rühma juht volitatud ehitusinsener Andri Needo, liikmed diplomeeritud ehitusinsener Roomelt Needo ja ehitusinsener Epp Needo.

Dokumendi on heaks kiitnud EVS/TK 13.

Tehnilise spetsifikatsiooni mõni osa või mõni tehnilises spetsifikatsioonis kirjeldatud lahendus võib olla patendiõiguse subjekt. EVS ei vastuta sellis(t)e patendiõigus(t)e väljaselgitamise eest.

Tagasisidet tehnilise spetsifikatsiooni sisu kohta on võimalik edastada, kasutades EVS-i veebilehel asuvat tagasiside vormi või saates e-kirja meiliaadressile [standardiosakond@evs.ee](mailto:standardiosakond@evs.ee).

ICS 91.010.30; 91.080.01; 91.100.30

**Standardite reprodutseerimise ja levitamise õigus kuulub Eesti Standardimis- ja Akrediteerimiskeskusele**

Andmete paljundamine, taastekitamine, kopeerimine, salvestamine elektroonsesse süsteemi või edastamine ükskõik millises vormis või millisel teel ilma Eesti Standardimis- ja Akrediteerimiskeskuse kirjaliku loata on keelatud.

Kui Teil on küsimusi standardite autorikaitse kohta, võtke palun ühendust Eesti Standardimis- ja Akrediteerimiskeskusega: Koduleht [www.evs.ee](http://www.evs.ee); telefon 605 5050; e-post [info@evs.ee](mailto:info@evs.ee)

## SISUKORD

|                                                                                      |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------|----|
| SISSEJUHATUS.....                                                                    | 5  |
| 1 KÄSITLUSALA.....                                                                   | 6  |
| 2 NORMIVIITED .....                                                                  | 6  |
| 3 TERMINID JA MÄÄRATLUSED.....                                                       | 6  |
| 4 KIILVAIVUNDAMENDI ALUSPINNAS .....                                                 | 7  |
| 5 KIILVAIADE KANDEVÕIME .....                                                        | 8  |
| 5.1 Tähised.....                                                                     | 8  |
| 5.2 Pinnase arvutustasand ja kiilvaia arvutusparameetrid.....                        | 9  |
| 5.3 Otsese ja kaudse kandevõime leidmise erinevate meetodite kasutamine.....         | 9  |
| 5.4 Püstkandevõime.....                                                              | 10 |
| 5.4.1 Püstkandevõime eelhindang pinnase omaduste alusel .....                        | 10 |
| 5.4.2 Püstkandevõime eelhindang sondikatse alusel .....                              | 11 |
| 5.4.3 Püstkandevõime staatiliste koormuskatsete alusel.....                          | 12 |
| 5.4.4 Püstkandevõime löökkatse alusel.....                                           | 12 |
| 5.5 Rõhtkandevõime.....                                                              | 14 |
| 5.5.1 Rõhtkandevõime eelhindang sõltuvalt püstkandevõimest.....                      | 14 |
| 5.5.2 Rõhtkandevõime staatiliste koormuskatsete alusel .....                         | 14 |
| 5.6 Momendikandevõime .....                                                          | 14 |
| 5.6.1 Momendikandevõime eelhindang.....                                              | 14 |
| 5.6.2 Momendikandevõime staatiliste koormuskatsete alusel.....                       | 15 |
| 5.7 Tõmbekandevõime.....                                                             | 15 |
| 5.7.1 Tõmbekandevõime eelhindang pinnase omaduste alusel.....                        | 15 |
| 5.7.2 Tõmbekandevõime staatiliste koormuskatsete alusel.....                         | 15 |
| 5.8 Vaiarühma kandevõime .....                                                       | 15 |
| 5.9 Kiilvaia sisejõudude leidmine.....                                               | 15 |
| 6 KIILVAIA VAJUM .....                                                               | 16 |
| 7 KIILVAIVUNDAMENDI PROJEKTEERIMINE.....                                             | 17 |
| 7.1 Üldist.....                                                                      | 17 |
| 7.2 Koormusliikide (püst-, rõht- ja momendikoormus) koosmõju kontroll.....           | 17 |
| 7.3 Koormused, osavarutegurid ja kandevõimed .....                                   | 18 |
| 7.4 Kiilvaivundamendi projektdokumentatsioon.....                                    | 20 |
| 7.4.1 Ehitusprojekti koosseis.....                                                   | 20 |
| 7.4.2 Vundamendi üldlahendus ja vaiavälja plaan.....                                 | 20 |
| 7.4.3 Rostvärk.....                                                                  | 21 |
| 7.4.4 Vaiamiseelse vertikaalplaneeringu plaan.....                                   | 21 |
| 8 VAIATÖÖD .....                                                                     | 22 |
| 8.1 Ehitusplatsi ettevalmistus.....                                                  | 22 |
| 8.2 Vaiade rammimine .....                                                           | 22 |
| 8.3 Järelrammimine.....                                                              | 23 |
| 8.4 Teostusdokumendid.....                                                           | 23 |
| Lisa A (teatmelisa) Enamkasutatavate kiilvaiade nomenklatuur .....                   | 24 |
| Lisa B (teatmelisa) Toesõlmede skeeme .....                                          | 25 |
| Lisa C (teatmelisa) Kiilvaia norm-püstkandevõime $R_{c;k}$ löökkatsete andmetel..... | 26 |
| Lisa D (teatmelisa) Kiilvaia arvutus-momendikandevõime eelhindang.....               | 27 |
| Lisa E (teatmelisa) Arvutusnäited.....                                               | 29 |

|                |    |
|----------------|----|
| Kirjandus..... | 33 |
|----------------|----|

See dokument on EVS-i poolt loodud eelvaade

## SISSEJUHATUS

Kiilvaivundamente on Eestis kasutatud ja arendatud alates 1980. aastate algusest. Kuni 1996. aastani kehtis nende projekteerimiseks ja ehitamiseks vabariiklik ehitusnorm VEN 57-86 [11].

Kiilvaivundamente on kasutatud kuni kuuekorruseliste elamute ning kuni 20 meetri kõrguste, 50-meetrise sildega ja 30 000 m<sup>2</sup> suuruse pindalaga tootmishoonete ehitamisel. Aluspinnase omadustest sõltuvalt on saadud kiilvaia püstkandevõimeks kuni 1000 kN. Vaiarühmade abil on võimalik ka üle 3000 kN suurusi koormusi vastu võtta.

Kiilvaiadele kinnitati esmakordselt tehnilised tingimused 1985. aastal (ENSV 223 TT 88-85 „Raudbetoonist kiilvaiad“). Need valmistati ette Võru KEK-i eksperimentaaljaoskonnas A. Needo poolt, kooskõlastati Moskvast aluste ja vundamentidega tegelevas keskinstituudis (ГПИ Фундаментпроект Минмонтажспецстроя СССР) ning anti välja VK Eesti Kolhoosiehituse poolt. Vaiade kuju pole sellest ajast muudetud, sest kaldtahkude nurk on piisavalt väike, et toimiks külmakerget välistav tõmbekandevõime ning piisavalt suur aluspinnase tihendamiseks rammimisel.

See EVS/TS kehtib kiilvaivundamentide projekteerimisel, kui vaia kuju vastab lisas A esitatud mõõtmetele, kus kaldtahkude kaldenurk vaia pikitelje suhtes on 7...8 kraadi. Nomenklatuur on koostatud 160 kiilvaia staatilisel püstkoormamisel ja rohkem kui nelja tuhande kiilvaia löökkatsel saadud kandevõime uurimise tulemuste üldistusena. Analüüsitud on ka 76 staatilist rõhtkoormuskatset, 50 tõmbekatset ja 28 ekstsentrilist koormuskatset. Kiilvaia geotehniliste arvutuste aluseks olevate kandeomaduste ja korrelatsioonide leidmiseks erinevatel katsemeetoditel ja katsete tulemuste vahel on kasutatud standardis EVS-EN 1997-1:2005+A1:2013+NA:2014 jaotises 1.5.2.5 defineeritud tuletatud väärtusi. Uurimistööde tulemuste alusel on 45 aasta jooksul ligi 2000-le ehitisele rajatud kiilvaivundamendid, mille uurimine ja dokumenteerimine vastab samas standardis jaotises 1.5.2.2 esitatud võrreldavale kogemusele.

Võrreldav kogemus on kiilvaivundamentide projekteerimisel ja rajamisel tähtis. Kiilvaia põhilise kandevõime leidmise meetodina kasutatakse löökkatset, sest staatiline koormuskatse on ligi 50 korda kallim. Meetodi arendamise tulemusena on õpitud hindama ka pinnase rammimisaegset tihenemist ja vaia kaldtahkude mõju vaia kandevõime tõusule. Sealhulgas tihenevad kuni kahe vaiapikkuse sügavuseni ka nõrgad pinnased.

Kiilvaia põhiline erinevus võrreldes teiste vaiadega on pinnase rammimisaegne tihenemine, mis tagab pinnase kandevõime suurenemise. Standardi EVS-EN 1997-1:2005+A1:2013+NA:2014 jaotis 7.4.2 lg (5) näeb ette selle arvestamise ja EVS/TS 1 kirjeldab, kuidas seda teha.

Dokumendi koostajad tänavad eksperte kavandile lisatud täienduste ja soovitude eest.

Kiilvaivundamentide kasutuselevõtu käivitasid 1978. aastal Jaan Kabin, Mait Mets, Ago Allan Kuddu. Arendamisel on osalenud Märt Vaik, Tiit Väli, Heldur Ong, Valdo Jaaniso, Juhan Kärk, Arvo Tumm, Olavi Tammemäe.

Kiilvaivundamendi kasutuselevõtu ja arendamise baasiks oli Võru Kolhooside Ehituskontor ja alates 1995. aastast Võru projekteerimis-ehitusfirma AS Kurmik. Projekteerimis- ja uurimistöödel osalesid PI EKE Projekt ja ENSV Riiklik Ehitusuuringute Instituut.

## 1 KÄSITLUSALA

Selles tehnilises spetsifikatsioonis defineeritakse lisas A esitatud geomeetriaga kiilvai ning täpsustatakse kiilvaivundamentide erisusest tingitud termineid.

Esitatakse kiilukujuliste raudbetoonvaiade soovitatavad mõõtmed, kandevõime leidmise meetodid ning roostvärki kiilvaiadele toetamise ja kinnitamise võimalusi.

Kirjeldatakse kiilvaiade otsese ja kaudse kandevõime leidmise meetodeid, kiilvaivundamentide projekteerimiseks vajalike üldandmete kogumist, geotehnilist projekteerimist ja vaiatöid.

See EVS/TS versioon ei käsitle vaia momendikandevõime kontrollimist ümber vaia pikitelje, mistõttu projekteerimisel tuleb selliseid koormusolukordi vältida.

## 2 NORMIVIITED

Alljärgnevalt loetletud dokumendid, mille kohta tehnilises spetsifikatsioonis viidatud, on kas tervenisti või osaliselt vajalikud selle tehnilise spetsifikatsiooni rakendamiseks. Dateeritud viidete korral kehtib üksnes viidatud väljaanne. Dateerimata viidete korral kehtib viidatud dokumendi uusim väljaanne koos võimalike muudatustega.

EVS-EN 1990. Eurokoodeks: Ehituskonstruksioonide projekteerimise alused

EVS-EN 1991-1. Eurokoodeks 1: Ehituskonstruksioonide koormused. Osa 1

EVS-EN 1992-1-1. Eurokoodeks 2: Raudbetoonkonstruktsioonid. Osa 1-1: Üldeeskirjad ja hoone konstruktsioonide projekteerimiseeskirjad

EVS-EN 1997-1. Eurokoodeks 7: Geotehniline projekteerimine. Osa 1: Üldeeskirjad

EVS-EN 1997-2. Eurokoodeks 7: Geotehniline projekteerimine. Osa 2: Pinnaseuuringud ja katsetamine

EVS 932:2017. Ehitusprojekt

## 3 TERMINID JA MÄÄRATLUSED

Dokumendi rakendamisel kasutatakse standardi EVS-EN 1990 jaotises 1.5 esitatud projekteerimisega seotud termineid ja määratlusi, standardi EVS-EN 1997-1 jaotises 1.5.2 esitatud geotehnilise projekteerimisega seotud termineid ja määratlusi ning allpool esitatud termineid ja määratlusi.

### 3.1

**kiilvai** (*wedge pile*)

rammimise teel pinnasesse süvistatav ja pinnast tihendav raudbetoonist kiilukujuline vai

### 3.2

**kiilvaivundament** (*wedge pile foundation*)

kiilvaivundament koosneb süvistatud kiilvaiast ja süvistamisel tihenenud pinnasest selle ümber

### 3.3

**pinnase arvutustasand** (*ground level for calculations*)

tihendatud täitepinnase või looduslikus olekus mineraalse pinnase, kuhu vai rammitakse, pealispind (vt joonis 1)