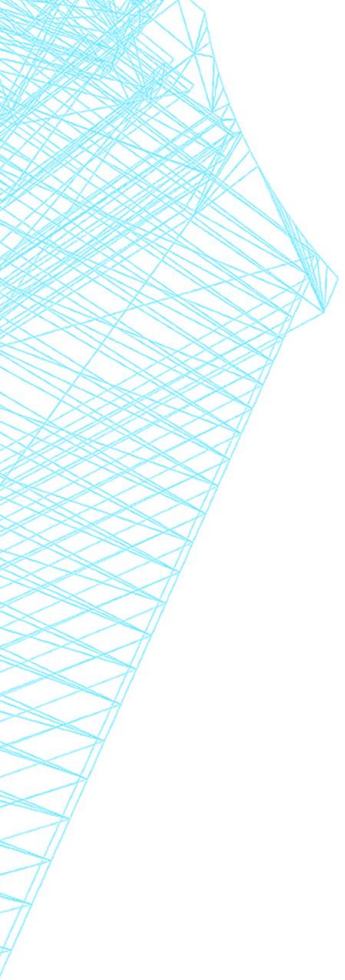


# EHITUSVÕRK – EHITISE GEODEETILINE ALUS

Vajalikkus, rajamise ja mõõtmise meetodid

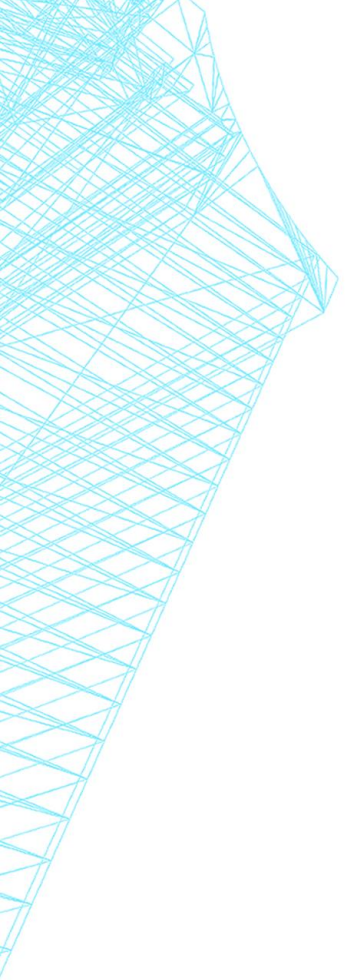
Lektor: Tarmo Kall, MSc, PhD  
2023/24 õa





# KOHUSTUSED EHITAMISEL

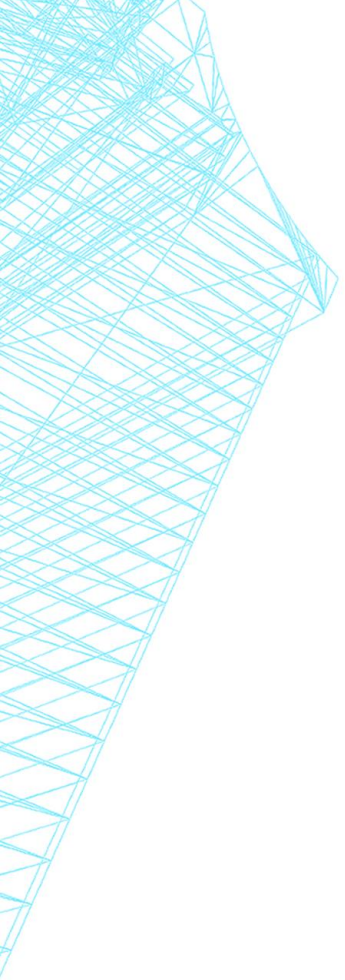
- Ehitusloa taotlenud isik peab vähemalt kolm päeva enne ehitamise alustamist esitama läbi ehitisregistri piirkonna ehitusjärelvalve vanemspetsialistile teatise ehitamise alustamise kohta.
- Ehitamise alustamise teatises tuleb esitada järgmised andmed: ehitamise alustamise aeg, omanikujärelvalve tegija ja ehitaja nimi, isiku- või (äri)registrikood, sünniaeg ning omanikujärelvalve tegija ja ehitaja kontaktandmed.
- Ehitusloakohustusliku ehitise üle võib omanikujärelvalvet teha vaid vastava ametioskusega ehk pädev isik.
- Ehitise püstitamisel (uusehitise korral) tuleb pärast telgede mahamärkimist esitada piirkonna ehitusjärelvalve vanemspetsialistile ehitise mahamärkimise akt.
- Hoone 0-tsükli (vundamendi) valmimisel peab ehitise omanik või ehitaja esitama piirkonna ehitusjärelvalve vanemspetsialistile vundamendi teostusmõõdistuse, mis tuleb eelnevalt registreerida KOV-s.



# EHITUSPLATSI MÄRKIMISALUSE RAJAMINE

- ISO 4463-1 standardi alusel liigitatakse:
  - Tugivõrk (Primary System)
  - Hoone märkimisalus (Secondary System)
- Koos kasutatakse:
  - Suured ehitusplatsid
  - Pikad ehitised
  - Keerukad rajatised
  - Piiratud juurdepääsuga ehitusplatsid

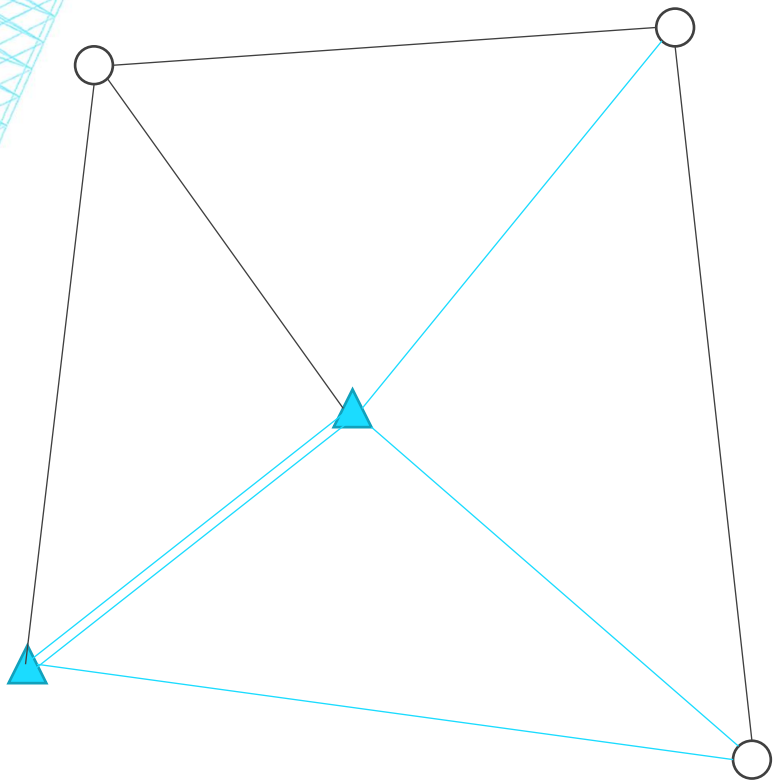




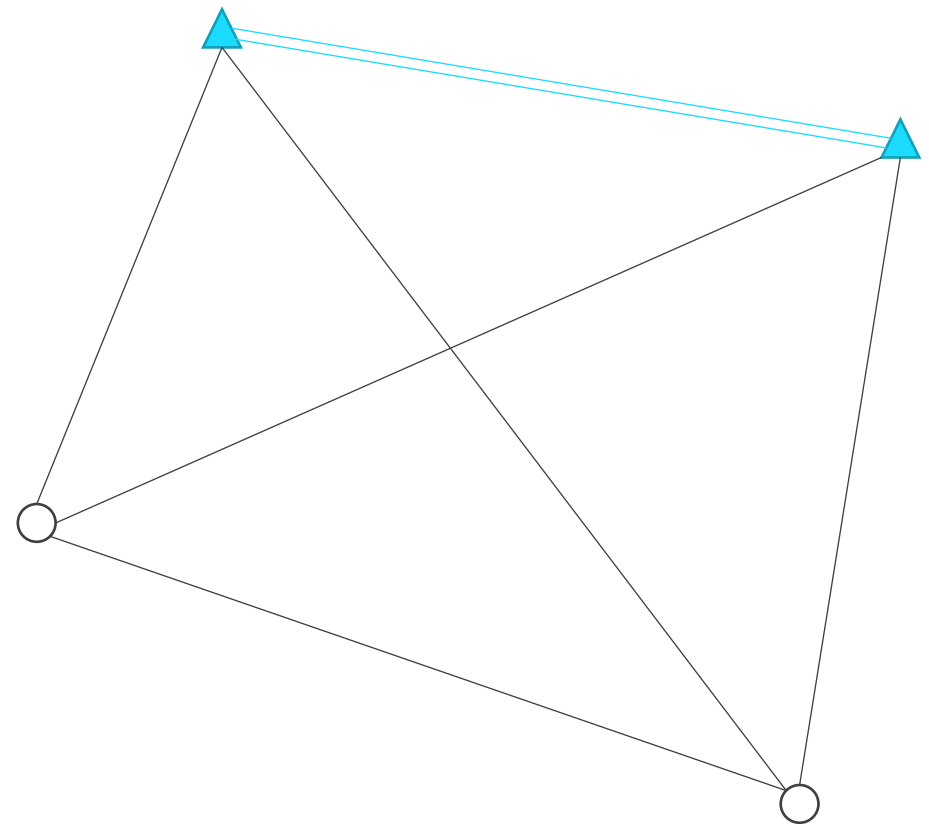
# TUGIVÕRK

- Kasutatavad instrumendid (ISO 4463-1):
  - Tahhümeeter (nurgamõõtmise krv  $< \pm 3''$ , joonemõõtmise krv  $< 3 \text{ mm} + 2 \text{ ppm}$ )
- Tugivõrgu täpsuse ja jäikuse saavutamiseks soovitab Kala (2008):
  - Kolmnurkade süsteeme
  - Geodeetilisi nelinurki
  - Tsentraalsüsteeme
  - Lihtsamatel juhtudel polügonomeetria
- ISO 4463 standard näeb ette, et tugivõrk tasandatakse „vaba võrguna“, et võimalikud lähtepunktide vead ei pääseks võrku mõjutama
  - Võrgu relatiivne täpsus on olulisem, kui asend RGV või KGV suhtes

# TUGIVÕRK



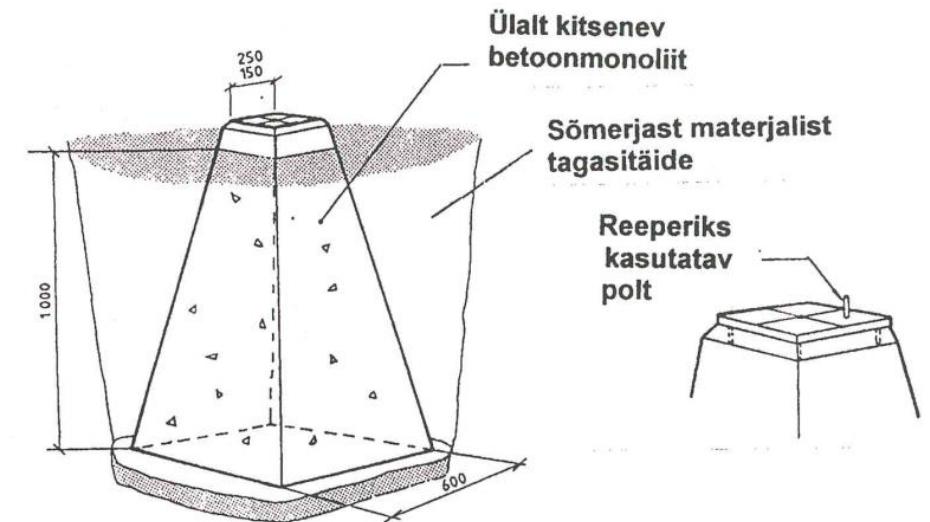
Tsentraalsüsteem



Geodeetiline nelinurk

# TUGIVÕRGU PUNKTIDE KINDLUSTAMINE

- Põhisüsteemi peavad moodustama maapinnal kindlustatud punktid:
  - Kahe orientiirsuuna säilivus
  - Täiendavad punktid nn rippuvad seinapunktid



Joonis 1. Tsementmördi- või liivaalusel paigutatud märk

Joonisel 1 toodud märgi põhiiseloostused:

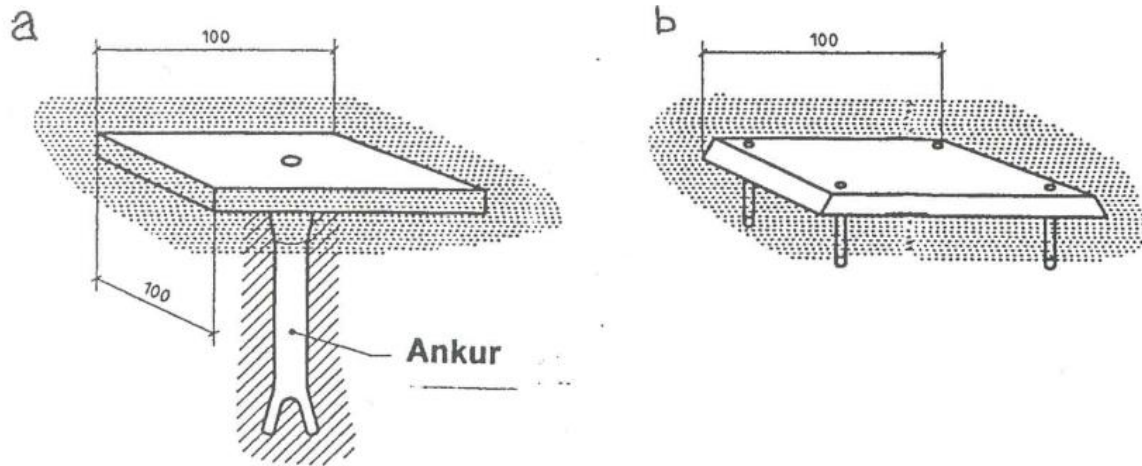
TÜÜP – varem valatud betoonplokk

PÕHIKASUTUS – tugipunktid ja reeperid

KESTVUS – pikaajaline

SOOVITUSED – kuna märk on väga raske (umbes 1 tonn), siis vajab paigaldamiseks mehhaanilisi tõstevahendeid.

# TUGIVÕRGU PUNKTIDE KINDLUSTAMINE



Joonis 2. a – püdel betoonisegu pinnani „uputatud” ja „kalasaba”-ankruga kinnitatud plaat (ankru võib kinnitada keevis- või keermeliitega); b – kivistunud betoonipinnale kinnitatud plaat (fikseerimine on ette nähtud kruvidega, mis keeratakse puuritud aukudesse löödud tüüblitesse või kasutatakse alt laienevaid ankruid, betooninaelu või epoliimi)

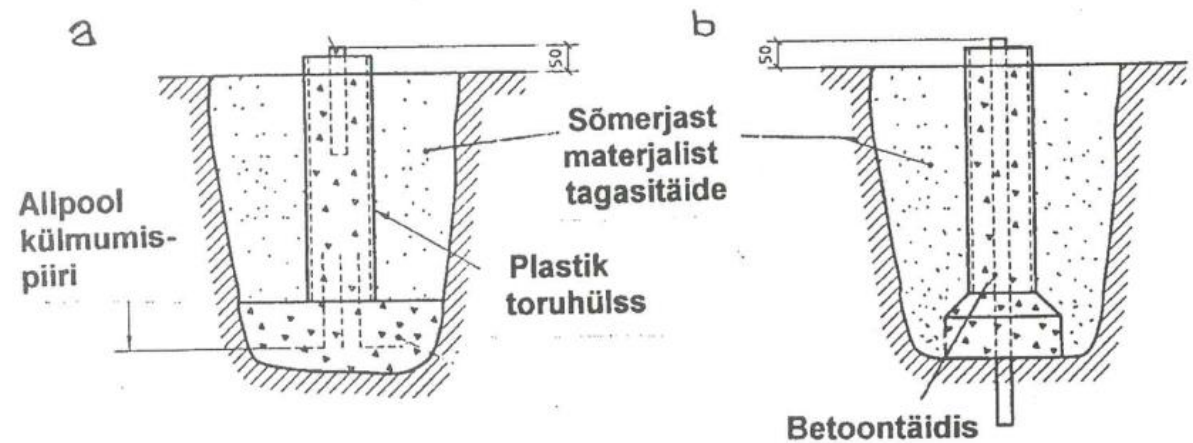
Joonisel 2 toodud märkide põhiiseloostused:

TÜÜP – betoonalusele kinnitatud terasplaat-tsentrimärgid

PÕHIKASUTUS – tihenduspunktid tsehhide betoonpõrandas seadmete montaaži kindlustamiseks, aga ka joonisel 3 juhul a kirjeldatud märgi tsenter terasvarda asemel

KESTVUS – kesk- või pikaajaline

SOOVITUSED – juhul b tuleb plaadi servad faasida.



Joonis 3. a – betoonpost kohalvalatud betoontaldmikul (taldmik allpool külmumispiiri); b – rkkumata pinnasesse süvistatud varda ümber asetatud toruhülssi valatud betoonpost taldmikuga allpool külmumispiiri

Joonisel 3 toodud märkide põhiiseloostused:

TÜÜP – kohapeal raketisse valatud betoonpost

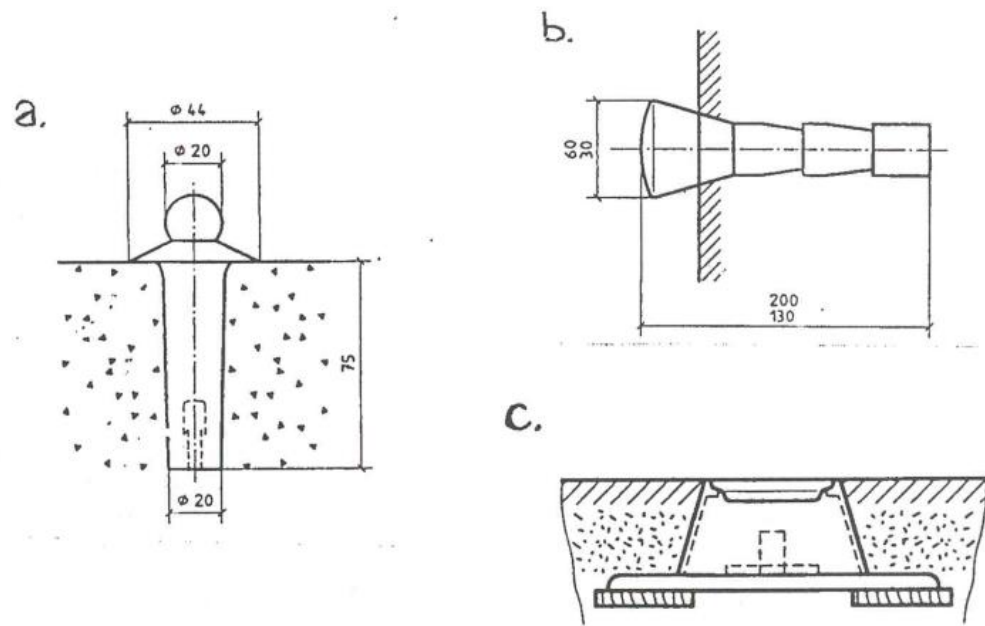
PÕHIKASUTUS – tugipunktid ja pinnasereeperid

KESTVUS – pikaajaline

SOOVITUSED – 1) tuleks selgelt tähistada ja piirata, et kaitsta sõidukite ja muldatöömasinate tekitatavate võimalike kahjustuste eest; 2) varda ülaotsa võib puurida ( $\varnothing 2$  mm) või kärnida tsentrimärgi või kinnitada reeperi (vt joonis 4).



# TUGIVÕRGU PUNKTIDE KINDLUSTAMINE



Joonis 4. Metallist reeperimärgid: a – märk tsementeeritud toru otsa või vahetult konstruktsiooni pinnale paigutatav reeper; b – seinareeper; c – reeperi paigutus konstruktsiooni pinnal asuvasse kaanega kaitseüvendsisse

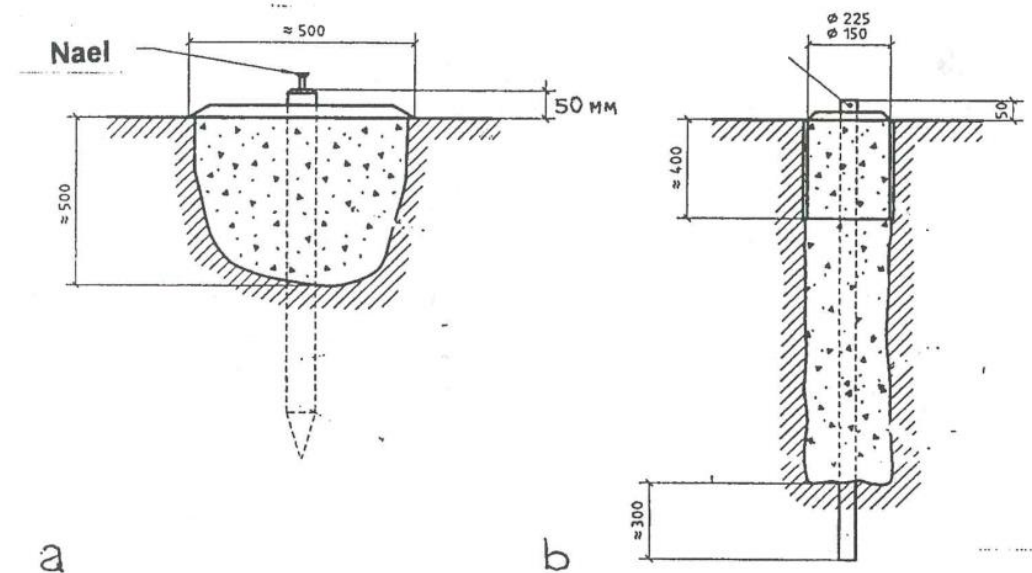
Joonisel 4 toodud märkide põhiiseloostused:

TÜÜP – metallist reeperimärgid

PÕHIKASUTUS – seinareeperid ja reeperid konstruktsiooni pealispinnal

KESTVUS – pikaajaline

SOOVITUSED – võib paigutada otse kaljupinda, betooni, kivilaotisesse või terastoru otsa; on soovitatav paigutada konstruktsiooni pinnast allapoole – süvendsisse.



Joonis 5. Betoneeritud pinnasemärgid: a – vai (50 × 50 mm) või terasvarras (Ø 25 mm) pikkusega ≈ 1 meeter kaevatud ja betooniga täidetud augus; b – terasvarras (tsentrimärk on kärnitud ülaotsa) puuritud ja betooniga täidetud augus

Joonisel 5 toodud märkide põhiiseloostused:

TÜÜP – kohalvalatud betoonmonoliit kaevatud või puuritud augus

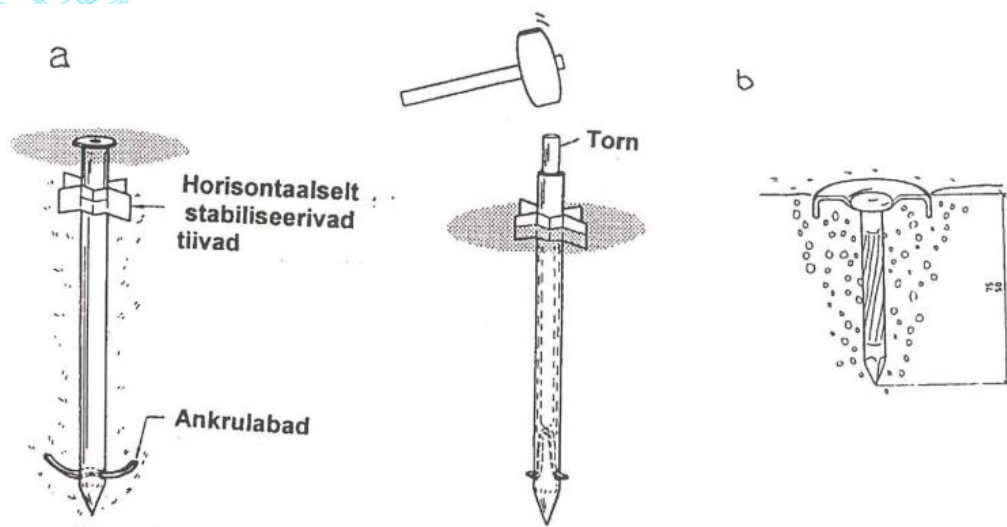
PÕHIKASUTUS – tugi- ja tihenduspunktide ehitusplatsil

KESTVUS – a – keskmine; b – pikaajaline

SOOVITUS – kaitsta piiretega või paigutada piirkonda, kus ei ole ette näha mulla- ja muid ehitustöid ja transpordi liikumist. Variant a ei sobi külmakerke alale. Vai (a) ja terasvarras (b) peavad olema kindlalt maa sees enne betoneerimist.



# TUGIVÕRGU PUNKTIDE KINDLUSTAMINE



Joonis 6. Sisselöödavad märgid: a – toru ( $\varnothing$  25 mm,  $l = 1000 - 1300$  mm ankrulabade ja stabiliseerivate tiibadega); b – betooninael tunnusreibiga

Joonisel 6 toodud märkide põhiiseloostused:

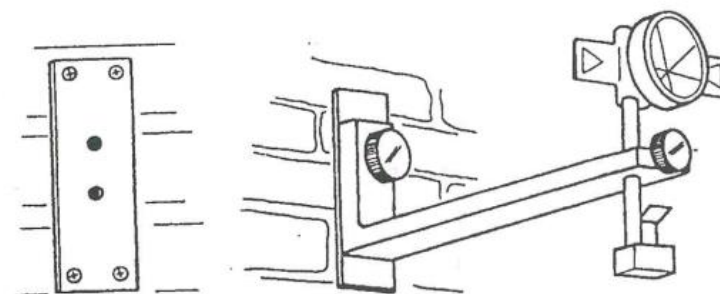
TÜÜP – väikeseriatena (a) või suuseriatena (b) valmistatavad metallmärgid

PÕHIKASUTUS – a) tugipunktid ja reeperid külmarkerkealadel; b) tugipunktid, tihenduspunktid, abipunktid kõvas teekattes

KESTVUS – a) pikaajaline; b) keskmine

SOOVITUSED – tüüpi a võib kasutada ka soistes pinnastes, kui selle all vähemalt kahe meetri sügavuses on kandev pinnas (näiteks liiv), kusjuures tuleks kasutada jämedamaid torusid. Tüüp b tuleks ümbritseda värvitud ringiga.

Märgi a sisselöömise tehnoloogia: Esmalt lüüakse toru maa sisse külmumispiirini. Ankrulabad lüüakse välja torni abil, mille järel lüüakse toru 100 mm sügavamale. Toru otsa lüüakse sisse tsentrimärgi või reeperi ankur.



Joonis 7. Külgepandava kronsteiniga seinasihtmärg

Joonisel 7 toodud märkide põhiiseloostused:

TÜÜP – seinasihtmärgid

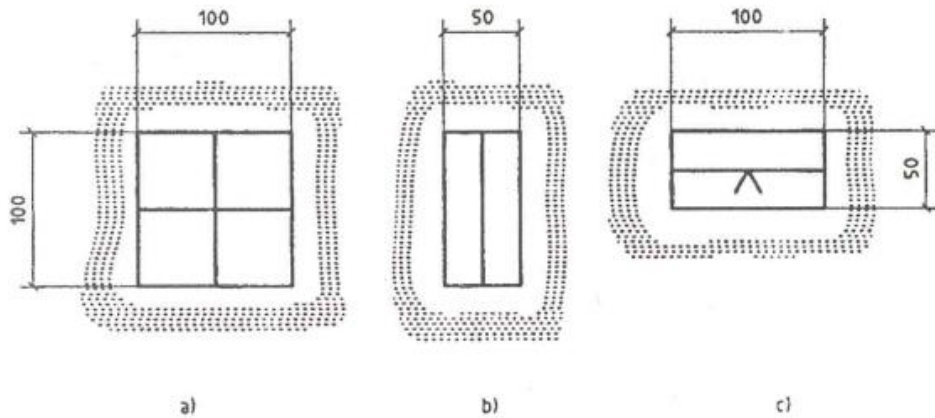
PÕHIKASUTUS – tugipunktid, kui ehitusplatsi tingimused ei võimalda teistsuguste märkide kasutamist või on karta, et pinnases kindlustatud märgid hävinevad

KESTVUS – pikaajaline

SOOVITUSED – 1) kõrgus maapinnast peaks olema umbes kaks meetrit, et kindlustada tõkestamatuid vaatekiiri; 2) tuleb vältida märkide kindlustamist hoonetele, mis võivad olla deformatsioonide subjektid; 3) peab olema ehitise valdaja luba; 4) punktid tuleb nii paigutada, et tõenäolistest *free stationing* seisupunktidest oleks näha vähemalt neli seinasihtmärki; 5) märkide sidumine tuleks teha vähemalt kahekordse polaarmetodiga või otselõikega kolmelt punktilt.

Märkus: koordinaatide kandja on ava kronsteinis, kuhu paigutatakse reflektor.

# TUGIVÕRGU PUNKTIDE KINDLUSTAMINE



Joonis 8. Veekindla markeriga joonistatud seina sihtmärgid: a – ehituse tugivõrgu punktid; b – tihenduspunktid; c – ajutised reeperid ja kõrgusmajakad

Joonisel 8 toodud märkide põhiiseloostused:

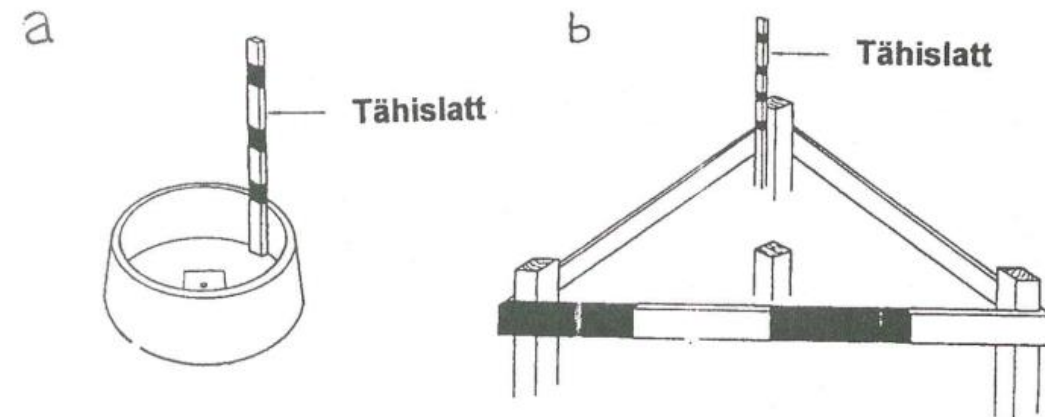
TÜÜP – joonestatud seinasihtmärgid

PÕHIKASUTUS – ehituse tugivõrgu punktid, tihenduspunktid, ajutised reeperid ja kõrgusmajakad

KESTVUS – lühiajaline

SOOVITUSED – viimistletud konstruktsioonidel tuleks nende märkide asemel kasutada liimitavaid (neid on masstoodangus) sihtmärke.

Märkus: tõenäolisel viseerimiskaugusel kuni 50 meetrit peaks joonte jämedus olema 0,5 mm, aga kaugusel üle 50 kuni 100 meetrit – 1,0 mm.



Joonis 9. Seisupunkti kaitse: a – betoonitoru Ø 1000 mm (min); b – piirdetara

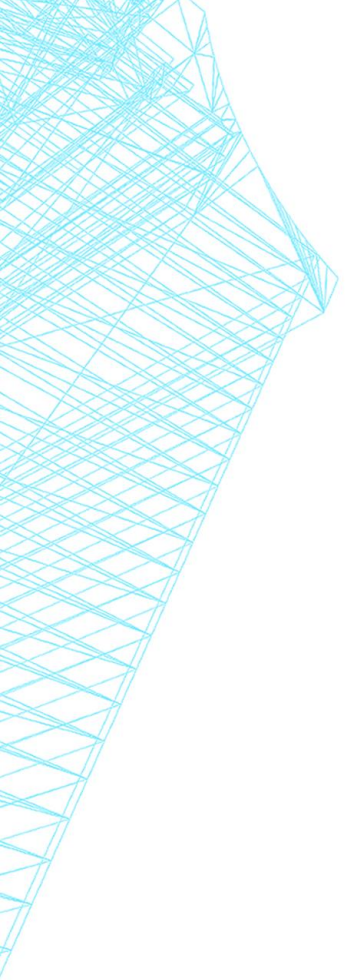
Joonisel 9 toodud märkide põhiiseloostused:

TÜÜP – seisupunkti kaitse

PÕHIKASUTUS – reeperite ja tugipunktide kaitse väljaspool teesid jt sillutatud alasid

KESTVUS – keskmine

SOOVITUSED – 1) piirdesisene ala peab olema küllaldane instrumendi ja geodeedi jaoks; 2) piirde kõrgus peaks olema  $\approx 0,7-0,8$  meetrit; 3) üks laud võiks olla kergesti lahtivõetav; 4) piirdelauad värvida hoiatusvärvidega (kollane – punane või valge – punane).

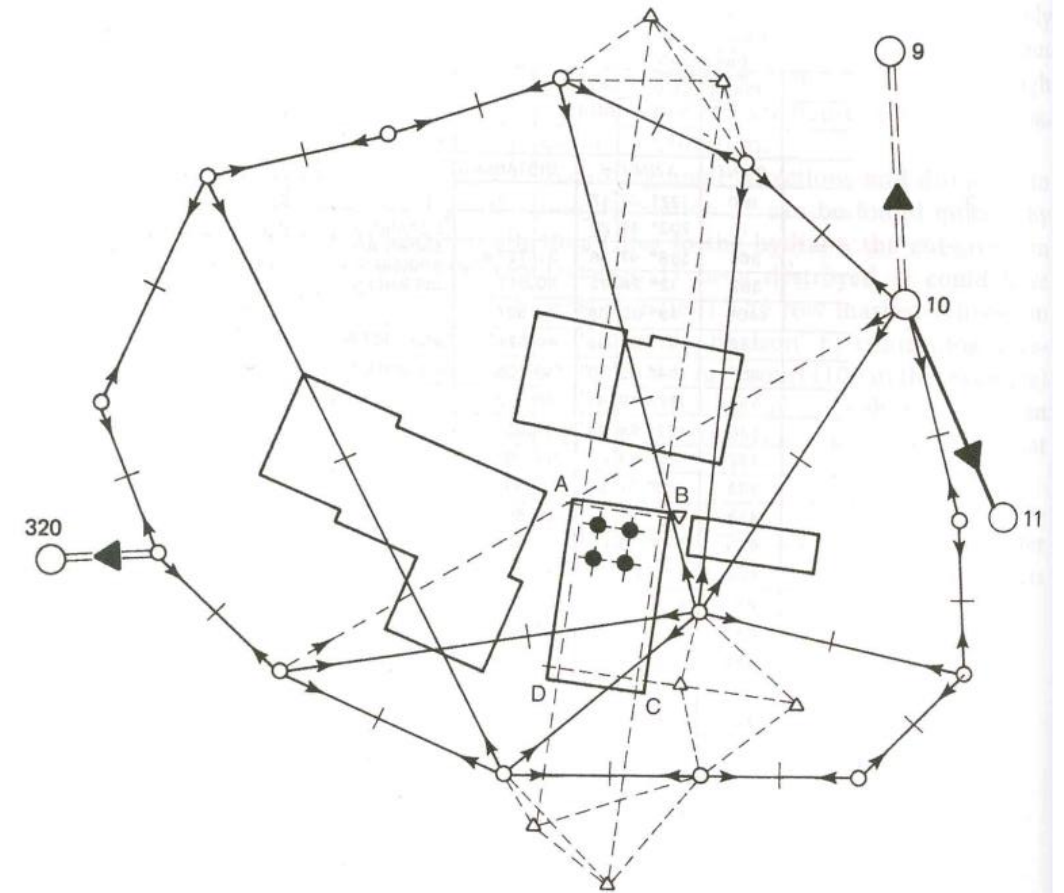


# HOONE MÄRKIMISALUS

- Üksikute ehituste puhul ainus märkimisalus, mis seotakse nagu tugivõrkki RGV või KGV punktidega
  - Rajamisel kasutatakse analoogselt tugivõrguga geodeetilisi nelinurkasid, tsentraalsüsteemi, polügonomeetriat
- Tugivõrgu alamvõrguna rajamisel on lähtepunktideks tugivõrgu punktid
  - Kasutada võib vastulõike, otselõike, kiirte meetodit



# TUGIVÕRK JA MÄRKIMISALUS



○ Reference Point of the National, State/Province, etc., Grid System  
○ Reference Point of the Primary Project Control System

10 ○ → 11 Reference Direction

○ 10 Reference Point

○ → Direction Measurement

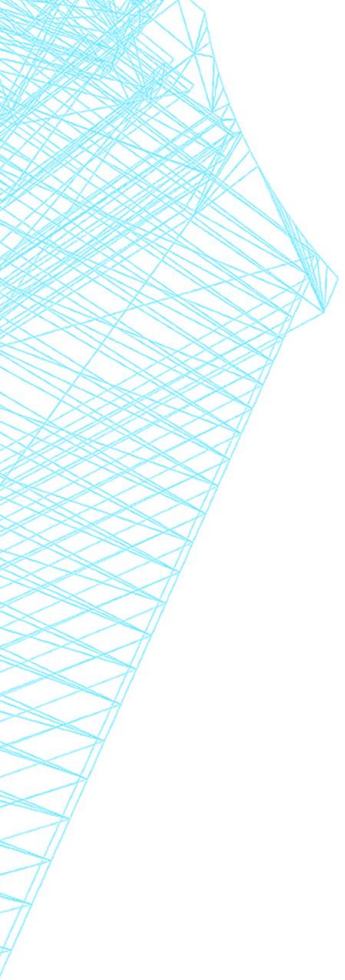
○ — | — ○ Length Measurement

--- △ --- Reference Points of the Secondary System

== < == Position Check, Not Used in Adjustment

A B  
D C  
Main Points of Building

◆ Position Points (e.g., Center Lines for Columns)



# TUGIVÕRGU RAJAMISE TÄPSUS

- ISO 4463 standard:
  - Tugivõrgu punktide koordinaatide järgi arvutatud ja mõõdetud suurused ei või ületada:

$$\text{Joonepikkustel: } \pm 0.75\sqrt{L} \text{ mm}$$

$$\text{Nurkadel: } \pm \frac{0.045^\circ}{\sqrt{L}}$$

- Kontrollmõõtmiste hälbed ei või ületada:

$$\text{Joonepikkustel: } \pm 2\sqrt{L} \text{ mm}$$

$$\text{Nurkadel: } \pm \frac{0.135^\circ}{\sqrt{L}}$$

Kus L on punktide vahekaugus, nurkade puhul nurga lühema külje pikkus

# MÄRKIMISALUSE RAJAMISE TÄPSUS

- ISO 4463 standard:

- Tugivõrgu punktide ja märkimisaluse punktide koordinaatide järgi arvutatud ja mõõdetud suurused ei või ületada:

$$\text{Joonepikkustel: } \pm 2\sqrt{L} \text{ mm}$$

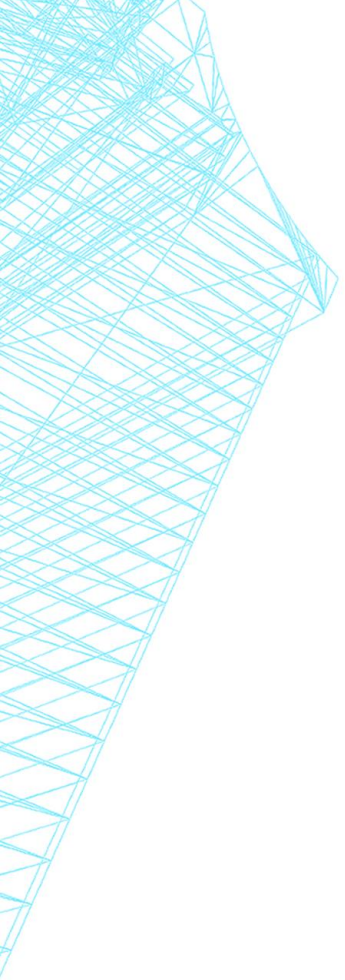
- Märkimisaluse omavahelised punktide koordinaatide järgi arvutatud ja mõõdetud suurused ei või ületada :

$$\text{Joonepikkustel: } \pm 2\sqrt{L} \text{ mm}$$

$$\text{Nurkadel: } \pm \frac{0.135^\circ}{\sqrt{L}}$$

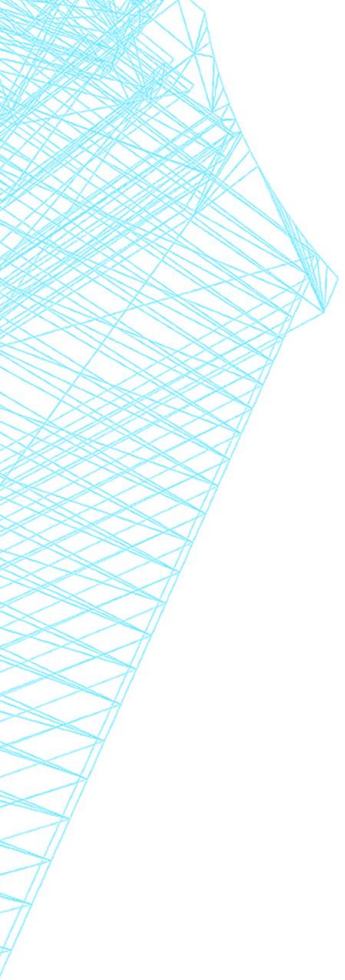
Kus L on punktide vahekaugus, nurkade puhul nurga lühema külje pikkus





# KÕRGUSLIK ALUSVÕRK

- Min kaks põhireeperid, mis seotakse kahe EKV reeperiga 3. klassi nivelleerimise abil
  - Põhireeperite tihedus peab võimaldama tööreeperite sidumist mitte üle kahe tööjaamaga käiguga
  - Põhireeperite kaugus ei tohiks ületada 250 m.
- Tööhorisontide juurde kindlustatakse tööreeperid
- Reeperid kindlustatakse kapitaalsete hoonete seintesse või vundamentidesse
  - Hoone peab olema min 5 a vana, stabiilne, hoone lähedal ei tohi olla kavandatud kaevikuid, rammimis- või lõhketöid
- Sobivate hoonete puudumisel tuleb kasutada pinnasereepereid, mis tuleks ühildada tugivõrgu või märkimisaluse punktidega



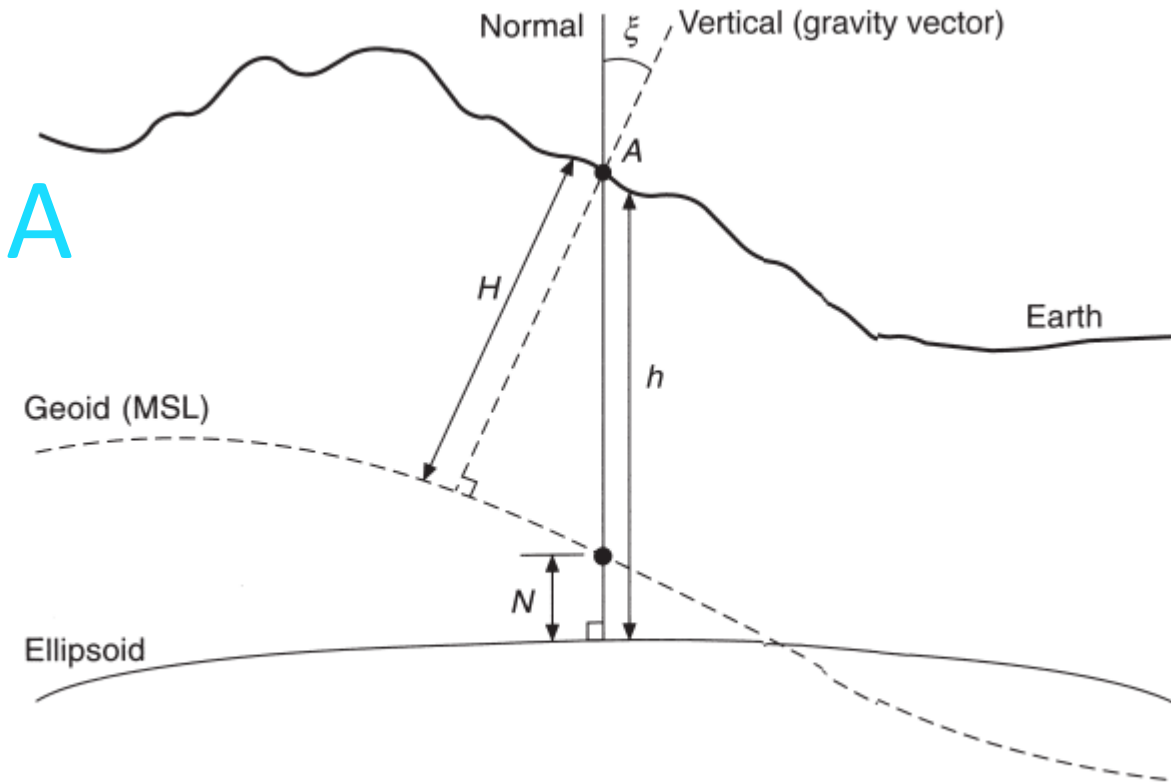
# NÕUDED KÕRGUSVÕRGULE

- **§ 7. Nõuded kõrguslikule mõõdistamisvõrgule**
- (1) Kõrguslik mõõdistamisvõrk seotakse riikliku kõrgussüsteemiga, kasutades lähtepunktina riikliku või kohaliku kõrgusvõrgu punkti (edaspidi lähtereeper).
- (2) Kõrgusliku mõõdistamisvõrgu võib siduda kõrgusvõrku mittekaasatud lähtereeperiga juhul, kui kõrgusvõrguga sidumine on uuringu eesmärki arvestades ebaproportsionaalselt pikk või kui kõrgusvõrguga sidumine ei taga kõrgusliku täpsuse paranemist.
- (3) Kõrgusliku mõõdistamisvõrgu punkti kõrguslik viga lähima lähtereeperi suhtes ei või olla suurem kui 5 cm.
- (4) Ühe geodeetilise uuringu piires ei või kõrgusliku mõõdistamisvõrgu punktide omavaheline kõrguslik viga olla:
  - 1) suurem kui 3 cm;
  - 2) suurema kui 1 km pikkuse vahemaaga objektidel suurem kui 3 cm 1 km kohta.
- (14) Käesolevas määruuses sätestamata muu meetod kõrgusliku mõõdistamisvõrgu rajamiseks on lubatud juhul, kui täidetakse käesoleva paragrahvi lõigetes 3 ja 4 toodud täpsusnõudeid.
- (15) Kõrguslikul sidumisel ja arvutamisel kasutatakse geodeetilise süsteemiga kehtestatud geoidimudelit.

# KÕRGUS RTK GNSS-GA

$$\sigma_H^2 = \sigma_h^2 + \sigma_N^2$$

Eestis:  $\sigma_H^2 = 3 \dots 5^2 + 0,5^2 = 9,3 \dots 25,3 \text{ cm}^2$ , seega  $\sigma_H \approx 3,0 \dots 5,0 \text{ cm}$  (üldjuhul)



**Fig. 8.10** Ellipsoidal and orthometric heights

$h$  is the ellipsoidal height, which, as it is not related to gravity, is of no practical use, particularly when dealing with the direction of water flow. It is therefore necessary to transform  $h$  to  $H$ , the relationship of which is shown in *Figure 8.10*:

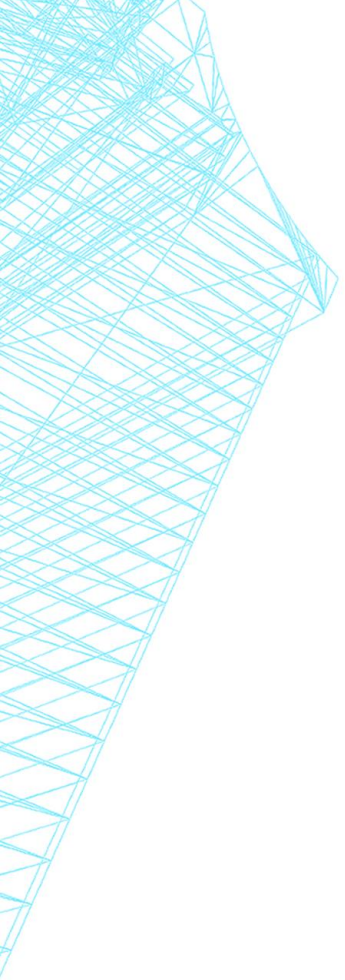
$$h = N + H \cos \xi \quad (8.10)$$

However, as  $\xi$  is always less than  $60''$ , and therefore  $0.99999995 < \cos \xi \leq 1.0$ , it can be ignored:

$$\therefore h = N + H \quad (8.11)$$

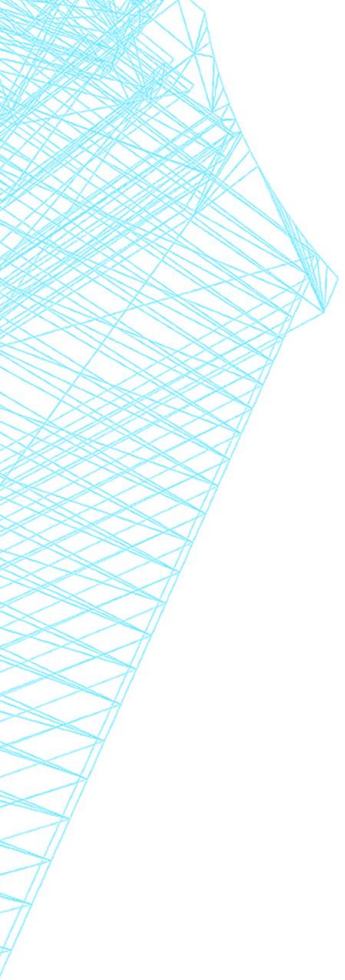
with an error of less than 0.4 mm at the worst worldwide (0.006 mm in the UK).





# TEHNOVÕRKUDE MÄRKIMISTÖÖDE ALUSVÕRK

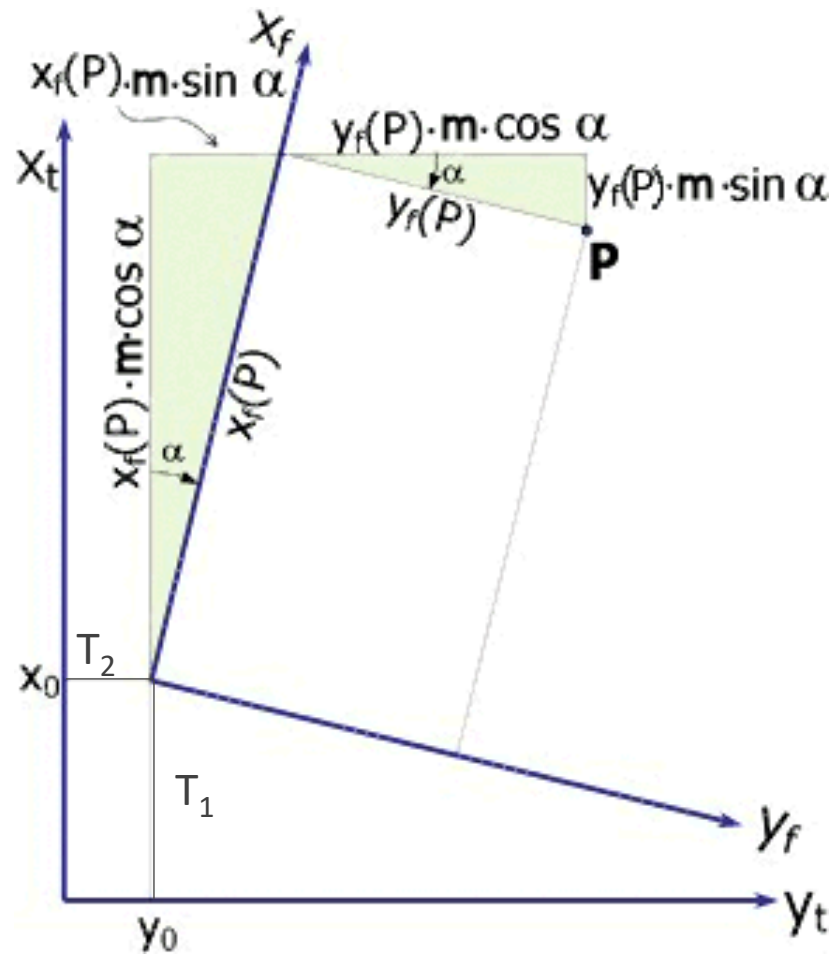
- Alusvõrgu kindlustamine: puuvaiad, naelad, veekindel marker, värv. Pikemaajaliste tööde puhul betoonist ankur, tsenter, krae.
- Ajutised reeperid: seinareeperid, pinnasereeperid, ankruga postid, lähedalasuva hoone betoonist trepi nurk, jms. Parem on vältida kivide, naelade postis/kändudes, maasse löödud ankruta varraste, jms kasutamist. **NB!** Tööreeperite kontroll, kuna ehituse käigus võib kõrgus kergesti muutuda!
  - ISO standard: reeperite max vahekaugus 180 m, et iga punki kõrguse saaks määrata vahetult reeperist max 60 m viseerimiskiirega
  - Tehniline või trigonomeetriline nivelleerimine, isevoolu trasside puhul kaldega alla 0,001 – III kl nivelleerimine



# TUGIVÕRGU KOORDINAATSÜSTEEM

- Riiklik koordinaatide süsteem
  - Parandeid mõõtmisandmete redutseerimiseks projektsiooni tasandile ei lisata, sest ehitusprojektis on mõõtmed tegelikud
  - Redutseeritud andmete korral võib erinevatest punktidest tehtud detailmärkimistel tekkida lahkuminekul
  - Koordinaadid saadakse „vabast tasandusest“, st võrk peab olema kinnine süsteem, kahe lähtepunktiga
  - Kala (2008), lk 16-21
- Ehitusplatsi koordinaatide süsteem
  - Sidumiskäigust leitud riiklikud koordinaadid transformeeritakse ehitusplatsi koordinaatide võrgu süsteemi (paralleelsed hoone telgedega)
  - Kõige lihtsam on transformeerimist teostada tugihooone kaudu
    - Tugihooone on ehitusplatsil või selle läheduses asuv hoone, mille nurgapunktid on koordineeritud nii riiklikus- kui ka ehitusvõrgu süsteemis

# HELMERTI TRANSFORMEERIMINE



$$X_f = T_1 + X_t * \cos \alpha - Y_t * \sin \alpha$$

$$Y_f = T_2 + X_t * \sin \alpha + Y_t * \cos \alpha$$

# PROJEKTI LOOMINE GNSS MÕÕTMISTEKS

← Job properties: pr2 ☆

Job path: .../Projects/pr2.11.09/pr2.job

**Properties**

|                     |                         |
|---------------------|-------------------------|
| Coord. sys.         | Estonia (Estonia/EST97) |
| Units (Dist.)       | Meters                  |
| Layer manager       | None                    |
| Feature library     | None                    |
| Cogo settings       | Grid                    |
| Additional settings | Off                     |
| Media file          | Previous point          |

1

Esc Accept

☰ Select coordinate system

Displacement model  
NKG-RF03 2019-07-01

Use geoid model  
☒ Yes

Geoid model  
EST-GEOID2017\_MAAAMET (EST\_GEOID2017 (1).GGF) ▼

Use datum grid  
No

Coordinates  
Grid ▼

Project height  
70.000m ▶

3

Esc Point Key in Store

☰ Select coordinate system

System  
Estonia/EST97 ▼

Zone  
Estonia ▼

Local datum  
EST97 (Mol)

Global reference datum  
EST97

Global reference epoch  
1997.56

Displacement model  
NKG-RF03 2019-07-01

Use geoid model  
☒ Yes

Geoid model

2

Esc Point Key in Store