

KORTERMAJADE VANADE METALSETE VEE-, KANALISATSIOONI- JA KÜTTETORUSTIKE TEHNILINE ANALÜÜS

TÖÖ ARUANNE



Leping: 19077

Tellijä: Eesti Kindlustusseltside liit

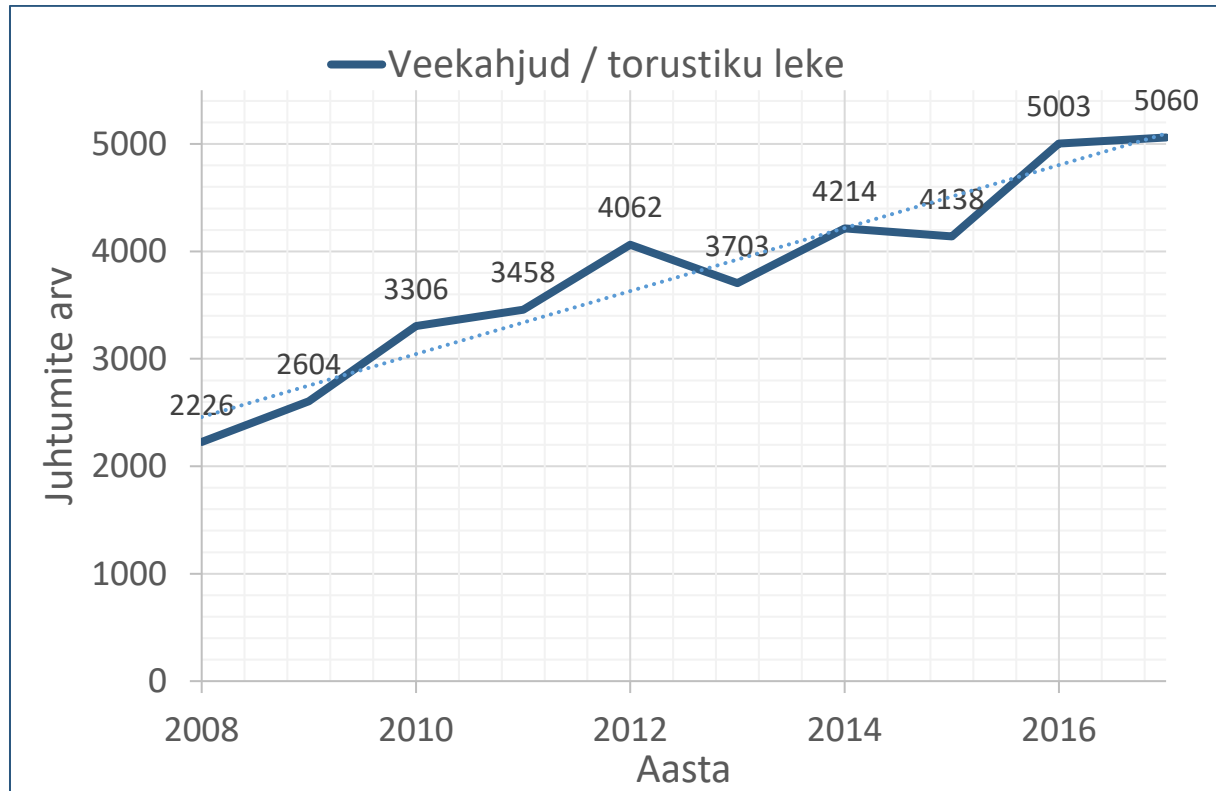
Töövõtja: Tallinna Tehnikaülikool, Ehituse ja arhitektuuri
Instituut

1	Üldist.....	3
1.1	Töö eesmärk	3
1.2	Lähteandmed.....	3
2	Kortermajade vee-, kanalisatsiooni- ja kütetorustiku eeldatav eluiga	3
3	Tüüpilised riskitegurid, nende vältimine ja ennetamine.....	5
3.1	Korrosioon	6
3.2	Väliskeskkond	10
3.3	Hüdrauliline löök	11
3.4	Väsimuspurunemine.....	12
3.5	Ehitusvead	13
4	Normdokumentide analüüs	15
4.1	Peamised normdokumendid	15
4.2	Soovitused	20
5	Juhised, soovitused	20
6	Kasutatud allikad	21

1 Üldist

1.1 Töö eesmärk

Eesti Kindlustusseltside Liidu (EKSL) andmetel on sagenenud kortermajade vanade metallist veetorude purunemisest tingitud kahjud (Joonis 1). Kindlustusandjatel pole teavet torustike eeldatava eluea kohta, mistõttu on kahjukäsitlemise käigus keeruline hinnata, kas tegemist on ettenägematu ja ootamatu õnnetusjuhtumiga või on torude purunemisega kaasnenud kahju tingitud torude loomulikust amortiseerumisest ja seega oleks saanud juhtumit ennetada.



Joonis 1 – Torustike purunemisest tingitud kahjujuhtumite arv perioodil 2008-2017 (allikas EKSL)

Antud töö eesmärgiks on läbi viia tehniline analüüs, mis käsitleb kortermajade metalsete veetorude (sh tarbevee, reovee ja küttesüsteemi torude) eeldatavat eluiga ja töökindlust, tüüpilisi riskitegureid, hoolduse ja remondi aspekte ning riskiennetuse võimalusi. Lisaks viidi läbi peamiste normdokumentide analüüs.

Töö kokkuvõtte annab suunised, mida kindlustusandja saab kasutada hoonete torustike võimalike purunemise riskide hindamiseks nii kindlustuslepingu sõlmimisel kui ka juhtumite menetlemisel.

1.2 Lähteandmed

Töö alusena kasutati vastavat erialakirjandust, Eesti Standardikeskuse normdokumente ning EKSL-i poolt edastatud alusmaterjale, sh fotosid kindlustusjuhtumitest ning purunenud torustike katsekehasid.

2 Kortermajade vee-, kanalisatsiooni- ja kütetorustiku eeldatav eluiga

Torude purunemisest tulenevate kahjude arv on tõusuteel enamustes arenenud riikides, kuna teise maailmasõja järgselt rajatud infrastruktuuride eluiga hakkab jõudma kriitilise piirini. Samuti on

eeldatava eluea ületanud või ületamas 1960-1980-tel massiivse linnastumise käigus rajatud elamufond. Seetõttu on maailma mastaabis läbi viidud arvukalt uuringuid, milles analüüsitakse nii sise- kui välisvõrkude torustike eluiga.

Levinud eelduse kohaselt on torude purunemise ja eluea vahel lineaarne soos. Seda hüpoteesi näib toetavat ka EKSL-i kahjujuhtumite arvu kasv (Joonis 1). Tegelikult on olukord keerulisem, kuna torude purunemist mõjutavaid faktoreid on palju (Barton et al., 2019):

- 1) Toru materjal
- 2) Torude ühenduse lahendus
- 3) Torude sise- ja välispinna katmine
- 4) Tootmisvead
- 5) Torude kahjustused transpordil, ladustamisel, paigaldamisel
- 6) Korrosioon
- 7) Toru vanus
- 8) Toru diameeter
- 9) Rõhk torus ja selle dünaamika
- 10) Eelnenud purunemised ja materjalid, mida on kasutatud parandustöödeks

USA-s ja Kanadas 308 vee-ettevõtte välisvõrkude andmestiku alusel läbiviidud laiapõhjalised uuringud näitavad, et olenemata toru materjalist on metalltorude keskmine eluiga 50 aastat (Barton et al., 2019). Lisaks on välja toodud, et torude purunemisi tuleb enim ette vahetult pärast nende paigaldamist, misjärel purunemiste arv langeb järsult ning jõuab uue tipuni ~50 aasta möödudes.

Sarnane torustiku eluiga on välja toodud ka 2012. aastal USA-s läbi viidud uuringus, kus leiti, et antud aastal purunenud välisvõrkude keskmine eluiga oli 47 aastat (Folkman, 2018).

Lee ja Meehan (2017) uurisid kinnistustisest ühendustorude eluiga USA-s, keskendudes ainult vask- ja galvaniseeritud terastorudele, mille läbimõõdud olid enamjaolt vahemikus 12,5-25 mm (sarnane sisetorudele). Vaatluse alla võeti 9 aasta jooksul raporteeritud 47400 torude purunemise juhtumit, mille alusel hinnati, et torustike keskmine eluiga on 35 aastat.

Hoonete sisetorustiku eeldatavat eluiga on põhjalikult käsitletud USA hoonete teaduse rahvusliku instituudi 2000. aasta uuringus (National Institute of Building Sciences, 2000). Torustike eluea hinnangud on välja toodud materjalide kaupa:

- Galvaniseeritud terastorude oodatav eluiga on 20-50 aastat. Torude amortisatsioonist annavad märku roostetanud ühendused ja roostevärvi vesi, mis on märk korrosioonist ja torude seinapaksuse vähenemisest. Eriti on see probleemiks sooja vee ja küttesüsteemi torudes, kuna vee temperatuuri tõustes suureneb ka korrosiooni oht. Vooluhulkade ja rõhu märkimisväärne vähenemine viitab torustike ummistumisele. Seega, kui hoone renoveerimine võetakse ette 20+ aastat pärast hoone valmimist, tuleks renoveerimise käigus välja vahetada ka kogu veetorustik. Morello (2013) hinnangul peaks galvaniseeritud terastorud välja vahetama 25 aasta jooksul pärast kasutuselevõttu, kuna aastatega kulub vee hõõrde toimet torude sisepinnalt kaitsev tsingikiht maha, mille tulemusena intensiivistub roostetamise protsess, suurenevad survekaod ja oht torude ummistumisele ning halveneb vee kvaliteet.
- Messingist torude oodatav eluiga on kollase messingi puhul kuni 40 aastat ning punase messingi puhul 70+ aastat. Torude vananemisega suureneb eelkõige punktlete tõenäosus, mida on lekke tekkimisel tavaliselt raske märgata. Toru vananemisele ja lekkimisele viitab toru välisseinal nähtav valkjas kirme, mis tüüpiliselt formuleerub kõige nõrgemate elementide

ümber (näiteks keermestatud ühendused). Kirme esinedes tuleb torud koheselt välja vahetada.

- Vasktorude oodatav eluiga on 50+ aastat. Torud on väga vastupidavad, ei esine setet ja seega puudub oht ummistumisele. Kui puuduvad nähtavad lekked ja muutused vooluhulkades ning rõhkudes, siis torud välja vahetamist ei vaja. 50 aastasele kasutuseale on viidanud ka Asadi (2016) ja Suurkask (2012). Soojaveetorude puhul on kasutusaeg lühem, kuna teatud tingimustel võivad need märksa kiiremini korrodeeruda.
- Malmtorude oodatav eluiga sõltub nende valmistamise tehnoloogiast. Kuni 1960-ni kasutusel olnud tehnoloogiaga valmistatud malmtorud on tüüpiliselt üledimensioneeritud, nõutust suurema seinapaksusega ning vastupidavamad väliskeskkonna teguritele. Selliste torude eeldatav eluiga on 70+ aastat. Kasutuses on ka rohkem kui 100 aasta vanuseid torusid. Hiljem valmistatud malmtorude eeldatav eluiga on kuni 50 aastat (USEPA, 2002; Paradkar, 2002).

Erinevast materjalist metalltorude eeldatava eluea kokkuvõtte on esitatud Tabel 1.

Tabel 1 – Erinevate metalltorude eeldatav eluiga

Toru materjal	Eeldatav eluiga	Märkused
Galvaniseeritud terastoru	20-50	Sõltub vee temperatuurist ja keemilisest koostisest. Soovitatakse vahetada, kui torud on 20+ aastat vanad
Messing	40-70	Sõltuvalt messingi tüübist
Vasktorud	50+	Sõltub vee temperatuurist ja keemilisest koostisest
Malm	Kuni 50	Enne 1960 aastat toodetud torude eeldatav eluiga 70+ aastat

Olenemata torude materjalist võib asukoha tõttu mittevahetavate torude elueaks lugeda maksimaalselt hoone või selle osa eluea, kus vastavad torud paiknevad (EVS835:2014). Rootsist läbi viidud uuringu kohaselt võiks hoonete renoveerimise nõuetest ja soovistest lähtuvalt vahetada hoone torustiku välja iga 35-45 aasta tagant (Berglund et al., 2018).

Oluline on märkida, et Tabel 1 esitatud eeldatav eluiga võib järsult ja olulisel määral väheneda, kui torustikule rakendub üks või mitu riskitegurit. Riskitegureid on kirjeldatud järgnevas peatükis.

3 Tüüpilised riskitegurid, nende vältimine ja ennetamine

Metalltorude purunemise peamiseks riskiteguriteks on ebasoodne rõhutõus, materjalide ja seadmete korrosioon, torustike ja seadmete halb kinnitus, külmakahjustused ning torude soojuspaisumisest tingitud pinged (Suurkask, 2012). Vanade torude puhul mängib suurimat rolli just korrosioon. Selle tekkepõhjused võivad olla erinevad, mistõttu tuleb erinevate metallide puhul silmas pidada nende erinevat käitumist kogu eluea vältel. Tabel 2 on ära toodud USA Keskkonnaagentuuri poolt kokku pandud üldistus erinevate toru materjalide korrosioonile vastupanuvõime kohta (USEPA, 1984).

Tabel 2 – Erinevate toru materjalide vastupanu korrosioonile

Toru materjal	Vastupanu korrosioonile
Vask	Üldiselt hea vastupanu. Probleemiks suured vee voolamise kiirused, pehme vesi, kloor, suur kogus lahustunud hapnikku, madal pH

Teras	Korrodeerub madala pH-ga pehmes vees
Malm	Agressiivses keskkonnas pinnaerosiooni oht
Galvaniseeritud teras	Agressiivses keskkonnas pinnaerosiooni oht, korrosioon kiireneb kokkupuutel vasega ning kõrgematel veetemperatuuridel
Asbest tsement	Hea vastupanu, immuunne elektrolüüsile, agressiivses keskkonnas oht kaltsiumi väljakandeks
Plastik	Korrosioonikindel

3.1 Korrosioon

Korrosioon ehk korrodeerumine (ing.k *corrosion*) on metalli osaline häving keskkonnas toimuvate keemiliste reaktsioonide tõttu. Metallide oksüdeerimine toimub peamiselt hapniku toimel. Raua ja rauasulamite korrosiooni nimetatakse ka roostetamiseks. Rooste (ing.k *rust*) on kõige levinum korrosiooni vorm, mille käigus raud muudetakse raud(III) oksiidiks.

Stabiilses keskkonnas on metalltoru korrosiooni kiirus suurim esimestel aastatel peale paigaldust ning see stabiliseerub 4-6 aasta jooksul (Fuente et al., 2011). Hilisemat korrosioonikiiruse kasvu põhjustavad muud välised tegurid (nagu niiskus jms).

Veetorudes on täheldatud vähemalt tosinat erinevat korrosiooni tüüpi. Korrosiooni tüübi tundmine ja määramine on oluline, et rakendada õigeid ennetus ja hooldusmeetmeid. Korrosioon võib olla ühtlane ning ebaühtlane, lisaks võib korrosioon esineda nii toru välis- kui ka sisepinnal. Ühtlase korrosiooni puhul väheneb toru seinapaksus sarnaselt kogu toru ulatuses. Seinapaksuse vähenemine on tüüpiliselt piisavalt väike, et põhjustada toru purunemist tema eluea jooksul. Ebaühtlane korrosioon tekib lokaalselt, mõjutades otseselt torude töökindlust. See võib väljenduda leketena, voolutakistusena või toru purunemisena. Järgnevalt on ära toodud veesüsteemides esinevad levinuimad korrosioonitüübid.

3.1.1 Elektri-keemiline ehk galvaaniline korrosioon

Korrosiooni tüüp, milles elektrolüüdi (antud juhul vesi) juuresolekul moodustub toru sisepinnal samast või erinevatest metallidest elektroodide paar (anood ja katood). Nende vahel tekib elektronide suunatud liikumise tõttu pinge, mille tulemusena anoodi materjal toru sisepinnal hävineb. Protsess kiireneb kui torusüsteemis puutuvad kokku kaks erinevat metalli. Metallide elektrokeemilise erinevuse tõttu hakkab üks metallidest agressiivselt korrodeeruma, teisel korrosiooniprotsess jällegi pidurdub. Tüüpiliselt tekib selline olukord galvaniseeritud terase ja vask/messing torude omavahelisel ühendamisel.

Erinevate metallide kasutamine torusüsteemis võib esineda peamiselt torustiku ümberehitamisel või lokaalsel parandamisel, kus terasest ühendused, klapid, põlved vms asendatakse vasest või messingist elementidega (näiteks küttesüsteemide ühendamisel, kui boilerite ühendused ja majasisene torustik on erinevast materjalist). Sellisel juhul tuleb torude vahele jätta dielektriline ühendus ja jälgida, et väiksema elektripotentsiaaliga metallid asuksid ülesvoolu suurema elektripotentsiaaliga metallidest (näiteks toruühendus vee voolamise suunas teras -> vask).

3.1.2 Punktkorrosioon ehk piting

Pitinguks nimetatakse lokaalset ebaühtlast korrosiooni, mille tulemusena tekivad toru seintele täpikujulised avad, mida on algselt raske tuvastada. Kuna avad on läbimõõdult väikesed, siis võib punktkorrosiooni tõttu põhjustatud lekkeid esineda ka vaid mõned aastad vanadel torudel. Punktkorrosioon võib tekkida kohtades, kus torude sisepind on kahjustada saanud, ebaühtlane, sisepinnale on settinud tahkiseid jms. Punktkorrosiooni on pea võimatu tuvastada enne toru seina läbiroostetamist ja lekke tekkimist. Punktkorrosioon on vasktorude levinuim korrosiooni vorm. Toru välispinnal avaldub see väikese täpikujulise avana, toru sisepinnal on tavaliselt näha rohekaid sette

kuhje. Pitingut esineb tihti ka soojaveetorudel. Kõrgem kloori kontsentratsioon vees kiirendab punktcorrosiooni protsessi.



Punktkorrosiooni näide. Võnnu 11, Tartu, 1989.

3.1.3 Tuberkulatsioon

Tuberkulatsiooni esineb tüüpiliselt koos pitinguga. Sellisel juhul hakkavad mõnes toru osas selle seintelt eemaldunud rooste ja rauaoksiidi osakesed kuhjuma, mille tulemusena väheneb toru efektiivne läbimõõt. Terastorude puhul on seinale kogunenud muhud väljastpoolt roostevärvi ja pehmed ning seestpoolt tumedad ning kõvad. Vasktorude puhul on muhud väiksemad ja rohelist või rohekas-sinist värvi. Tuberkulatsioon avastatakse tavaliselt torude vahetamise käigus, kuna kuhjunud roostesetted ei avalda tüüpiliselt mingit mõju vee kvaliteedile. Mõningatel juhtudel, kui torude läbimõõdud vähenevad märgatavalt, võib tuberkulatsioon olla üheks põhjuseks, miks vooluhulk ja rõhk süsteemis järsult väheneb. Olenevalt protsessi agressiivsusest võib toru läbimõõdu vähenemine olla suurusjärgus 0,06 mm/aastas kuni 2,3 mm/aastas (Walski et al., 1988, Echavez, 1997).



Tuberkulatsioon kütetoru seinal. Uus tn 36, Tartu, 1967.



Tuberkulatsioon joogiveetoru seinal. Mustamäe tee 18, Tallinn

3.1.4 Erosioon

Erosiooni tulemusena kulub maha toru seintelt kaitsev kiht (näiteks terastorudel tsingi kiht), mis tavaolukorras kaitseb metalli korrosiooni eest. Erosiooni põhjustavad suured voolukiirused, suurenenud turbulentsus, järsud voolamise suuna muutused, vees leiduvad abrasiivsed osakesed jms. Erosiooni tulemusena kulub lokaalselt toru sisepind ning aktiveerub korrosiooni protsess. Erosioon on tüüpiliseks korrosiooni vormiks ka vasktorudes. Erosiooni vältimiseks tuleb hoida vedeliku voolamise kiirus kontrolli all (kuni ~1,5 m/s), piirata vee temperatuuri (kuni ~65° C) ja tagada, et vee omadused ei muutuks (näiteks ei suureneks hapniku sisaldus).

Erosiooni alamliik on **kavitatsioonist põhjustatud korrosioon**. Kavitatsioon tekib kui süsteemi mõnes punktis langeb rõhk madalamale vee keemistemperatuurist antud rõhul. Selle tulemusena eraldub hapnik, mis tekitab toru sisepinnale nii mehaanilisi kui keemilisi kahjustusi. Kavitatsiooni võib esineda vanades torudes, mille efektiivne läbimõõt on märkimisväärselt vähenenud. Selle tulemusena kasvab lokaalselt vedeliku voolamise kiirus ja langeb rõhk. Samuti on suurendatud kavitatsiooni oht pumpades, põlvedes, poolsuletud klappides ning asukohtades, kus toru läbimõõt muutub. Kavitatsioonile on omane iseloomulik müra (nn vilisevad torud) ja tüüpiliselt kaasneb sellega vibratsioon.

3.1.5 Vältimine ja ennetamine

Esmased tõendid korrosioonist hoonete torustikes pärinevad tavaliselt hoonete kasutajatelt. Hoone omanikul ja haldajal on kaebuste alusel võimalik hinnata, milliste riskidega peab torustike eluea juures arvestama ning kuidas neid riske maandada ja ennetada. Tabel 3 on ära toodud tüüpilised elanike kaebused ning nende võimalikud põhjused (USEPA, 1984).

Tabel 3 – Korrosioonist põhjustatud hoonete elanike/kasutajate tüüpilised kaebused

Probleem	Võimalik põhjus
Punane/oranž vesi ja/või punakas pruunid plekid torudel ja komponentidel ning pesul	Terastorud korrodeeruvad, kõrge rauasisaldus vees
Sinakad laigud torudel ja komponentidel	Vasktorud korrodeeruvad
Mustjas vesi	Sulfiid korrosioon vask ja terastorudes
Ebameeldiv lõhn ja maitse	Mikrobioloogilise tegevuse kõrvaltoime

Süsteemi rõhk vähenenud	Pitingust ja tuberkulatsioonist tingitud toru läbimõõdu vähenemine, korrosioonist põhjustatud leke
Sooja vee puudus	Mineraalide sadestumine soojaveesüsteemides
Hoone torustiku lühike eluiga	Torude kiire lagunemine pitingust või muust korrosioonist tulenevalt

Torustike väline korrosioon on otseselt seotud väliskeskkonna tingimustega. Seega tuleb välise korrosiooniga seotud riskitegurite maandamiseks tagada torustikele sobivad tingimused. Seda saab teha rakendades järgnevaid ennetavaid meetmeid:

1. Tagada kõrge suhtelise niiskusega (> 60%) ruumidest, kus torustikud paiknevad, niiskuse eraldamine selliselt, et suhteline niiskus oleks püsivalt alla 60%. Kui niiskuse eraldust ei ole tehniliselt ja majanduslikult otstarbekas läbi viia, tuleb vastavas ruumis paiknev torustik soojuslikult isoleerida (lähutada EVS 835: 2014, DIN-1988-7, EVS 860:2015). Niiske ja sooja õhu kokkupuude katmata metalltorustikuga peab olema välistatud.
2. Õhuniiskuse kondenseerimise vältimiseks soojustada ka külmavee torustikud, mis paiknevad soojades niisketes ruumides.
3. Torustiku lõigud, kus esineb külmumisrisk (nt läbiviigud vundamentidest) tuleb soojustada ja varustada täiendava meetmena soojenduskaabliga.
4. Muud torustikud tuleb katta mittemetalse kaitsekattega, näiteks värviga. Enne värvimist eemaldada rooste. Jälgida värvi tootja juhiseid.
5. Torustiku läbiviimisel seintest tuleb juhul, kui avad täidetake tsemendi või kipsipõhise mördiga, torud enne avade täitmist katta täiendava korrosioonikaitse kihiga (DIN-1988-7).
6. Läbi viia hoone torustiku regulaarne ülevaatus, et avastada korrosiooni, lekkeid jm loetletud riskitegureid ning planeerida efektiivselt vastumeetmeid (lähutada EVS807:2016, vt ka ptk 4.2). Ülevaatus sagedus võiks olla 1 kord aastas enne kütteperioodi algust. Ülevaatus tulemused tuleb protokollida.
7. Süsteemi kriitilistele lõikudele (šahtid, sõlmed jms) peab olema vaatluseks juurdepääs, et jälgida torustiku seisundit ja avastada võimalikke lekkekohti.



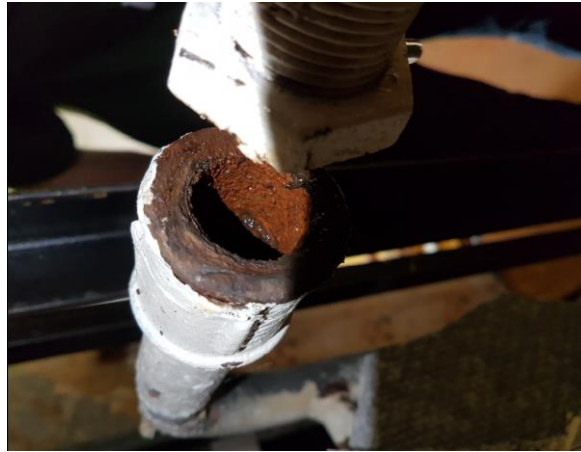
Torustiku väline korrosioon. Kaitsekiht on hajustunud. Torustik aastast 1987.

Toru sisesese korrosiooni riski vähendamiseks ja ennetamiseks tuleb (USEPA, 1984):

1. Jälgida vee kvaliteeti. Madal vee pH ($\text{pH} < 7$) kiirendab materjalide loomulikku lagunemisprotsessi, kõrge vee pH ($\text{pH} > 7$) suurendab vesiniku ionide osakaalu vees, mis omakorda suurendab elektrokeemilise korrosiooni riski. Madala pH korral korrodeeruvad

torud ühtlaselt, kõrge pH puhul ebaühtlaselt (omane on lokaalne korrosioon ehk piting). Joogiveevõrgu veekvaliteedi eest vastutab kohalik vee-ettevõtte ja see vastab üldiselt nõuetele. Jälgida tasuks siiski suletud ringlusega küttesüsteemide vee kvaliteeti. Vee pH-d võiks mõõta üks kord aastas enne kütteperioodi algust. Vee pH-d on võimalik lihtsasti mõõta vette asetavate paberist testribade abil.

2. Vähendada hapniku kogust vees. Hapniku kogus insenertehnilistes süsteemides on umbes 1-2%, mis suureneb lokaalselt näiteks kavitatsiooni protsessi tulemusena. Kütteseadmed tuleb varustada õhutuskappidega, et oleks tagatud õhu eraldamine (EVS 835:2014). Kontrollida perioodiliselt küttesüsteemi õhueraldite töökorras olekut.
3. Rakendada erinevate metallide puhul katoodkaitset.
4. Vältida galvaaniselt ebasobivate materjalide koos kasutamist (galvaniseeritud teras ja vask). Vältida vasktorude paigaldust torustiku liini algusesse.
5. Maandada metallitorud.
6. Pumbad varustada manomeetritega, et avastada kavitatsiooni esinemine süsteemis (EVS 835:2014)



Torustiku sisene korrosioon. Purunemine on toimunud keermestatud osas, kus toru seinapaksus on kõige väiksem. Aardla 5, Tartu, 1975.

3.2 Väliskeskkond

3.2.1 Niiskus ja õhu kvaliteet

Niiskus (vee või veeauru sisaldus), vääveldioksiidi sisaldus õhus ja temperatuur on torustike välise korrosiooni peamised mõjutajad. Kuivas keskkonnas korrosioon aeglustub või peatub sootuks, kuid jätkub pea koheselt kui keskkonna niiskuse sisaldus suureneb. Terasel puhul, eeldades et õhus ei ole saasteained, on kriitiliseks piiriks suhteline õhuniiskus 60% (Nduuku, K. 2019). Võrdluseks võib tuua, et eluruumide suhteline niiskus on talvel 25...40% ja suvel 30...70%.

Eksperimendid on näidanud, et korrosioon kiireneb olulisel määral, kui õhu suhteline niiskus ületab 80% ja temperatuur on $> 0^{\circ}\text{C}$. Protsessi mõjutab tolmu ja väävelvesiniku (SO_2) esinemine õhus (Nduuku, K. 2019). Seega õhu saaste mängib olulist rolli korrosiooni intensiivsuses. Lisaks eelnevale suureneb korrosiooni kiirus temperatuuri tõustes: iga $+10^{\circ}\text{C}$ temperatuuritõus kahekordistab kiiruse (Nduuku, K. 2019).

Tulenevalt eelnevast on torustike elueale olulise riskiga ventileerimata niisked keldrid, šahtiruumid ning soojussõlmed.



Väline korrosioon torustiku šahtis. Turu 11, Tartu, 1960-ndad.

3.2.2 Külumumine

Vee ruumala külmumisel suureneb, mistõttu suureneb surve toru seinale (Keary et al., 2001). Toru puruneb kui vee survest tekitatud pinged ületavad toru seina tugevuse. Tihti peale toimub purunemine kas piki keevitusõmblust või liitmike lähistel, kus toru seina paksus on väiksem. Isegi kui toru kohe ei purune, tekivad selles plastsed deformatsioonid, mis ei taandu ka peale jää sulatamist. Kuna deformatsioonid nõrgendavad metalli struktuuri, on külmumine väga oluline riskifaktor torustiku eluea prognoosimisel.

3.2.3 Vältimine ja ennetamine

Niiskuse ja külmumise mõju vältimiseks on kõige efektiivsem tagada torustikele vastav keskkond, kus neid tegureid esineda ei saa. Selleks:

1. Tagada kõrge suhtelise niiskusega ($> 60\%$) ruumidest, kus paiknevad torustikud, niiskuse eraldamine selliselt, et suhteline niiskus oleks püsivalt alla 60% . Kui niiskuse eraldust ei ole tehniliselt ja majanduslikult otstarbekas läbi viia, tuleb vastavas ruumis paiknev torustik soojuslikult isoleerida (lähendada EVS 835: 2014, DIN-1988-7, EVS 860:2015). Niiske ja sooja õhu kokkupuude katmata metallitorustikuga peab olema välistatud.
2. Õhuniiskuse kondenseerimise vältimiseks soojustada ka külmavee torustikud, mis paiknevad soojades niisketes ruumides.
3. Torustiku lõigud, kus esineb külmumisrisk (nt läbiviigud vundamentidest) tuleb soojustada ja varustada täiendava meetmena elektrilise soojenduskaabliga.

3.3 Hüdrauliline löök

Hüdrauliliseks löögiks nimetatakse torudes vedeliku kiiruse järsust muutusest tingitud rõhu muutust. Sellest johtuvalt võib süsteemides aset leida pumpade ja torustike purunemist, väsimust ning halveneda veekvaliteet.

Hüdraulilise löögi tagajärjel kantakse vedeliku liikumisest tingitud kineetiline energia üle pingeks torustike seintele. See omakorda põhjustab suure rõhuga võnkelaaine, mis liigub süsteemis edasi-tagasi kuni sumbumiseni. Selle tulemusena võib rõhk torustikes suurendada mitu korda suuremaks tootja poolt lubatud rõhust. Kõrvaga kuuldav müra torustikes on tingitud asjaolust, et osa kineetilisest energiast kandub akustilisse vormi, mis koos muude energiakadudega (näiteks hõõrdumisest tingitud kaod) põhjustavad lõpuks võnkelaaine sumbumise. Lööki põhjustavad pumpade järsk käivitamine/seiskamine, klappide kiire sulgemine/avamine, õhk torudes, torude purunemine, läbilaskevõime järsk muutus jms. Lisaks ohustab torustikke hüdraulilise löögiga kaasnev vibratsioon, mis pikaajalisel toimel võimendab väsimusest tekkinud pingeid.

Hüdraulilised löögid tekivad hoone sisestes torustikes pidevalt (klappide ja kraanide avamine/sulgemine, pumpade käivitamine/seiskamine). Õigesti dimensioneeritud ja juhitud süsteemide puhul on igapäevastest löökidest tingitud rõhumuutused piisavalt väikesed ning ei ohusta süsteemi toimimist. Eeldatavat eluiga ületanud torude puhul võib just löögist tingitud rõhutõus põhjustada selle purunemise.



Torustiku liidete lekkimine. Ehitajate tee 86, Tallinn, 1969.

3.3.1 Vältimine ja ennetamine

Hüdraulilise löögi riski vältimiseks tuleb:

1. Välja vahetada mitte töökorras olev armatuur, eriti siibrid, tagasivooluklapid ja filtrid, mis oma ehituse tõttu (nt kiilsiiber, mille kiil võib pääseda liikuma) võivad põhjustada vee voolamise äkilise sulgemise. Olemasolevad pumbad tuleb varustada sujuvkäivitite ja sagedusmuunduritega, tagamaks sujuva töörežiimi muutuse.
2. Tagada torustike nõuetekohane kinnitus konstruktsioonide külge. See hoiab ära torustiku võnkumise hüdraulilise löögi mõjul, mis omakorda võib põhjustada liitmike purunemist.
3. Hüdraulilise löögi riskiga süsteemidesse paigaldada hüdrofoor või spetsiaalsed hüdraulilise löögi mõju leevendavad liitmikud.
4. Vähendada süsteemis rõhku. Hüdrauliline löök võib tekkida olukorras kus rõhk hoone sisendis ja seega ka sisetorustikus on liiga kõrge. Kontrollida rõhu vastavust EVS 835:2014 või küsida infot kohalikust vee-ettevõttest.

3.4 Väsimuspurunemine

Väsimuseks (ing.k *fatigue*) nimetatakse materjali tugevuse vähenemist vahelduva koormuse mõjul. Hoonete metalltorustikes põhjustab koormuse muutust tarbimise veesurve järsk muutus, samuti hoone konstruktsioonist tingitud vibratsioon.

Väsimuspurunemise põhjus on seotud metalli molekulaar- ja kristallstruktuuri iseärasustega. See seisneb metalli struktuuri ebaühtluses. Metallil üksikudel kristallidel on erinevates suhtides erinev tugevus, seepärast teatud pingete juures tekivad mõningates kristalliitides plastsed deformatsioonid. Korduv koormuse eemaldamine ja koormamine põhjustab nende kristalliitide kalletumise koos hapruse kasvuga. Uurimused on näidanud, et teatud tingimustes põhjustab tsükliline pinge materjalidefektidest algavate mikropragude arenemist makropragiks. Kui see on detailist olulise osa läbi lõiganud, siis võib detail puruneda (Klauson et al., 2017).

Katesetuste käigus on saadud olenevalt toru läbimõõdust ja materjalist lubatud koormustsüklite arvuks 4000 – 10000 peale mida toimub purunemine (Belmonte et al., 2009, Kuskov 2014). See tähendab, et kui kord ööpäevas esineb vastav tingimus, puruneb 5000 tsükli korral toru ca 14 aastat peale paigaldust.



Tõenäoline väsimuspurunemine. Torustik aastast 1987.

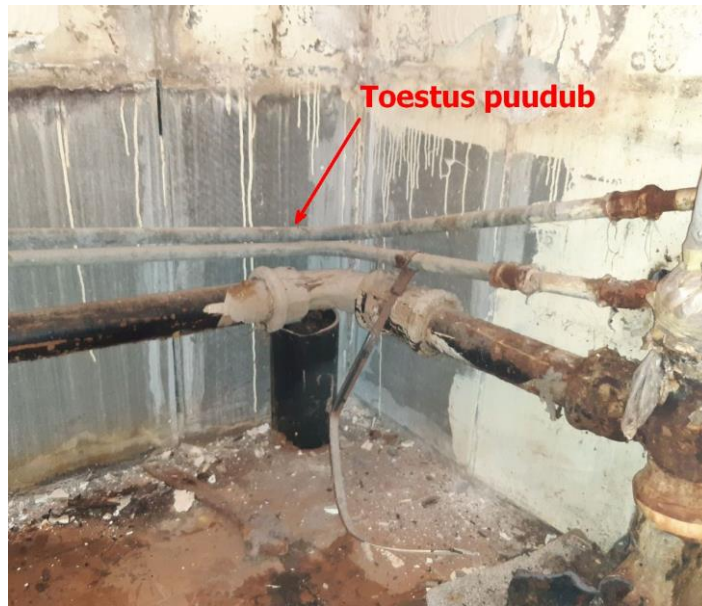
3.4.1 Vältimine ja ennetamine

Väsimuspurunemise ennetamiseks tuleb tõsta väsimustugevust:

1. Kontrollida olemasolevate tugede seisundit. Vajadusel vahetada.
2. Lisada tugesid kohtadesse, kus ei ole tagatud toruliini jäik kinnitus. Tugede vahekauguse sobivuse hindamisel lähtuda toru tootja soovist. Torustike kinnituste valimisel tuleb jälgida kinnituse ja toru metallide kokkusobivust, et ei tekiks galvaanilist korrosiooni. Näiteks roostevabadel torudel on lubatud vaid roostevabast metallist kinnitused (EVS 860:2015).
3. Paigaldada süsteemi pumpadele sujuvkäivitid, et vältida süsteemis järsku vooluhulga ja rõhu muutust.

3.5 Ehitusvead

Torustikud ja liitmikud peavad olema kinnitatud püsikindlalt konstruktsiooni külge, et vältida torustiku raskusest tingitud deformatsioone liitmikele ja toru konstruktsioonile. Näiteks vee kaal 10m pikkuses 20cm läbimõõduga torus on ca 300 kg. Teisalt ei tohi kinnitused takistada torustiku soojuspaisumist, vastasel korral võib toru deformeeruda. Riski kohaks on lisaks tugedele ka läbiviigud seintest, mis samuti peavad tagama torustikule paisumisruumi. Riskiteguriks on ka toru külge omavoliliselt kinnitatud konstruktsioonid, mis lisavad torustikuliinile kaalu. Metallist kinnituste puhul on lisaks jäikusele olulise tähtsusega ka kinnituse materjal, kuna kokkupuutel toru materjaliga on oht elektroosilise korrosiooni tekkeks.



Toestamata torustik. Torustik aastast 1987.

Ehitusvigade alla saab liigitada ka nõuetele mittevastavad torustike parandus- ja ümberehitustööd. Nendeks võivad olla:

- Torustike ja armatuuri materjali vale valik. Näiteks külmale veele ette nähtud torustike kasutamine küttesüsteemis või torustikuga tootja poolt soovitamata liitmike (press/keermesliitmikud) kasutamine;
- Torustike ja armatuuri, sh veemõõtja jms ebapiisav toetus;
- Erinevast metallist torumaterjalide kasutamine ilma neid elektriliselt eraldamata;
- Korrosioonikaitsega katmata torustike kinnitamine seintest läbiviimisel kipsiseguga;
- Torustike soojusisolatsiooni tegemata jätmine külmades või niisketes ruumides;
- Kanalisatsioonitorustike muhvide ebaõige ühendamine ning ebapiisav tihendamine üleminekul olemasolevale torule;
- Torustike šahtide vaatlusluukide kinni müürimine või ehitamata jätmine.



Torustiku kinnituse korrosioon. On tõenäoline, et kinnitusele esitatud nõuded pole täidetud. Kaunase pst 79, Tartu, 1995.

3.5.1 Vältimine ja ennetamine

Ehitusvigade riski maandamiseks tuleb:

1. Tellida torutööd vaid vastavat majandustegevuse registreeringut omavalt ettevõttelt.
2. Suuremate tööde puhul tellida projekt (projekteerija peab olema vähemalt 7 taseme kutsetunnistust omav insener) ning viia projekti alusel läbi hange.
3. Suuremate tööde puhul palgata sõltumatu ehitusjärelvalve.
4. Ehitustööd dokumenteerida (fotod tööde käigust, koostada teostusjoonised) ja dokumendid arhiveerida süstemaatiliselt.

4 Normdokumentide analüüs

4.1 Peamised normdokumendid

Järgnevates peatükkides antakse ülevaade hoone siseste metalltorustike peamistest normdokumentidest. Juhime tähelepanu, et torustike puhul, mis on ehitatud aastakümneid tagasi, võisid kehtida osaliselt erinevad tehnilised nõuded.

4.1.1 EVS 932:2017 Hoone ehitusprojekt

Selles Eesti standardis antakse juhised hoone, tehnovõrkude, tee, teerajatiste, haljastuse ja välisruumi kujunduslike rajatiste ehitusprojekti koostamiseks. Standard käsitleb ehitusprojekti staadiumites tehtavat projekteerimistööd, esitatavat infot ja selle detailsust.

Juhised hoone sisetorustike projekti koostamiseks on esitatud järgnevates peatükkides:

- **Hoone kütte-, ventilatsiooni-, jahutuspaigaldis ja soojussõlm** (9.19). Käsitletakse projekti detailsust, sh torustike ja seadmete isoleerimist, juurdepääsu, põhiseadmeid ja materjale.
- **Hoone veevarustuse ja kanalisatsioonipaigaldis** (9.21). Projektis tuleb mh esitada torustike eeldatav kasutusiga.
- **Hoonesisene tuletõrjevõrk** (9.22). Projektis tuleb mh esitada torustike eeldatav kasutusiga.

Kokkuvõttes annab standard põhjaliku ülevaate ehitusprojekti osadest ja detailsusest ning on seega hästi kasutatav näiteks projekteerimishanke lähteülesandes.

4.1.2 EVS 835:2014 Hoone veevärk

Hoone siseste veetorustike peamine standard, mida kasutatakse tehnosüsteemide projekteerimisel ja ehitusel. Standard käsitleb hoone veevarustuse, kanalisatsiooni ja kütetorustike projekteerimist ja ehitust, samuti olemasoleva veevärgi remonti ja ümberehitust.

Standardis esitatud nõuete ja ettekirjutuste täitmine peab tagama hoone veevarustussüsteemi pideva ja ohutu töö ning tagama tarbija varustamise kvaliteetse joogiveega etteantud koguses, rõhul ja temperatuuril. Hoone veevärgi all mõistetakse standardis hoonesisest külma- ja soojaveetorustikku koos toruarmatuuriga, veevarustusseadmeid ja maa-alust veetoru hoone piires kuni vundamendini.

Torustike töökindlust ja kasutusiga käsitletakse järgnevates peatükkides:

- **Torustiku ja armatuuri paigaldusnõuded** (5.3). Hoone veevärk peab olema ehitatud nii, et ei tekiks ohtu hoonele, keskkonnale ega teistele hoone tehnosüsteemidele. Eraldi käsitletakse järgnevaid nõudeid:

- **Torukinnitused** (5.3.3). Peab olema välditud nii torude kui konstruktsioonide kahjustamine.
- **Torude pikenemine** (5.3.4). Peab olema välditud kahjustused soojuspaisumisest.
- **Isoleerimine** (5.3.5). Torustikud tuleb isoleerida vastavalt kas soojusülekanne vähendamiseks torult keskkonda (soojusisolatsioon) või keskkonnast torule (külmaisolatsioon).
- **Kondensatsioon** (5.3.6). Hoone külmaveesüsteemid tuleb isoleerida.
- **Külmakahjustused** (5.3.7). Veevärk peab olema kaitstud külmakahjustuste eest.
- **Hüdrauliline löök** (5.3.8). Süsteem peab olema ehitatud selliselt, et oleks välditud hüdraulilise löögi negatiivne mõju.
- **Mittevahetatavad torustikud** (5.3.10). Vastavad torustikud tuleb projekteerida elueaga 50 aastat. Kusjuures liitmike eluiga peab olema võrdne torude elueaga.
- **Voolukiirus** (6.5.1). Antakse maksimaalse lubatud voolukiiruse arvulised väärtused nii vask kui tsingitud terastorude kohta.
- **Materjalid** (7.2.1). Torustiku materjali valikul tuleb arvesse võtta nii välis- kui sisekorrosiooni riski ja materjalide vastastikust mõju.
- **Veekaod lekete, remondi jm tõttu** (7.3.4). Hoone veevärk tuleb projekteerida ja ehitada nii, et võimalik oleks jälgida lekke tõttu toimunud veekadusid. Torustik peab olema varustatud sulgemisseadmetega, et vähendada lekkest tingitud kahjusid.
- **Torustiku ja seadmete lõhkemine** (9.2.1). Hoone veevärk peab olema selliselt ehitatud, et oleks välistatud torustike purunemine ega tekiks ebasoodsat rõhku ja rõhutõusu.
- **Korrosioonikindlus** (9.2.4). Hoone veevärk tuleb projekteerida ja ehitada nii, et vältida keskkonnast tingitud kahjusid
- **Lekete avastamise hõlbustamine** (9.2.5). Tuleb tagada juurdepääs torustikele ja liitmikele, et avastada lekkeid ja teostada parandustöid.

Kokkuvõttes võib hinnata, et standardi juhiste järgimine vähendab torustike rikke riski ning tagab süsteemidele pika eluea (kuni 50 aastat).

4.1.3 EVS 846:2013 Hoone kanalisatsioon

Hoone kanalisatsiooni peamine standard, mida kasutatakse tehnosüsteemide projekteerimisel ja ehitusel.

Standard kehtib hoonesisesele reovee ja sademevee kanalisatsioonile, mille kaudu juhitakse reovesi asula ühiskanalisatsiooni või ühiskanalisatsiooni puudumisel omapuhastisse. Standard kehtib ka hoone aluspõhja drenaažile. Hoone kanalisatsiooni all mõeldakse hoonesisest veeneelude ühendatud torustikku koos kõikide lisaseadmetega (pumplad, puhastusavad jms). Standardi nõuded kehtivad nii uute süsteemide projekteerimisel kui vanade süsteemide ümberehitamisel.

Metalltorustike töökindlust käsitletakse standardis muuhulgas järgmistes peatükkides:

- **Vastupidavus** (4.3.7). Kanalisatsioonisüsteemi osadel, mida ei ole võimalik välja vahetada, peab olema hoonega võrdne eluiga, s.o. 50 aastat.
- **Toetus ja kinnitused** (4.3.8). Torud tuleb kinnitada kanduriga, mis on tihedalt ümber toru takistades toru liikumist. Esitatud on kandurite tüüp ja vahekaugused.
- **Torustike isoleerimine** (4.3.9). Juhul kui on kondensaadi või külmumise oht tuleb torustikud isoleerida.
- **Torustike ja püstikute õhutamine (4.3.6)**. Torustiku normaalse töö tagamiseks tuleb ette näha õhutused.

- **Korrosioonikindlus** (8.2.2). Torustik peab olema korrosioonikindlast materjalist. Juhul, kui hoones tekib olmereoveest erineva koostisega reovett tuleb sellega arvestada toru materjali valikul.
- **Torud ja toruühendused** (8.2.4). Esitatakse nõuded toruühendustele, mh peavad need olema sööbimiskindlad, vastu pidama temperatuuri kõikumistele, valguse toimele ja muudele kahjustustele. Püstikutes ja pörandas all ei ole soovitatav kasutada alla SN8 rõngasjäikusega toru.
- **Ohutusnõuded** (10.1). Hoone kanalisatsioon tuleb projekteerida ja paigaldada selliselt, et oleks tagatud materjalide vastupidavus, kaitse mehaaniliste ja temperatuuri mõjude ning korrosiooni vastu.
- **Külmumisoht** (10.1.2). Külmumiskahjustuste oht peab olema minimaalne. Torustikud tuleb kaitseks isoleerida.
- **Kanalisatsioonitorustiku puhastamine** (10.2.1). Torustikul peavad olema kergesti ligipääsetavad puhastusavad. Peatükis on mh määratud avade vahekaugus.
- **Torustiku soojuspaisumine** (10.2.3). Tuleb arvestada pingetega, mis tulenevad torustiku soojuspaisumisest.

Kokkuvõttes võib hinnata, et standardi juhiste järgimine vähendab torustike rikke riski ning tagab süsteemidele pika eluea (kuni 50 aastat).

4.1.4 EVS 812-6:2012 Ehitiste tuleohutus. Osa 6: Tuletõrje veevarustus

Standard annab soovitusi tuletõrje veevarustuse tagamiseks mh hoone sisestele süsteemidele. Neid soovitusi on nõutud täita rajatiste planeerimisel, projekteerimisel, ehitamisel, katsetamisel ning rekonstrueerimisel.

Hoone siseseid metalltorustikke käsitletakse järgnevates punktides:

- **Ehitisesisene tuletõrjeveevärk** (4.4). Käsitletakse voolikusüsteeme ning üldises sõnastuses veevärgi tehnilist lahendust.
- **Ehitisesisese tuletõrjeveevärgi projekteerimine** (8). Käsitletakse üldiseid juhiseid hoonesisese tuletõrjetorustiku projekteerimiseks.
- **Ehitisesisese tuletõrjeveevärgi torustiku katsetamine** (lisa K). Sätestatakse nõue, et torustiku ülevaatusel hinnatakse muuhulgas kinnitusi ning korrosiooni esinemist.

Kokkuvõttes ei anna standard olulisi täiendavaid nõudeid torustiku eluea ning riskiteguritega arvestamiseks.

4.1.5 EVS 844:2016 Hoonete kütte projekteerimine

Selles standardis määratakse nõuded Eesti Vabariigis ehitatavate ja rekonstrueeritavate elu-, üldkasutatavate ja tööstushoonete kütte projekteerimisel.

Hoone siseseid metalltorustikke käsitletakse järgnevates punktides:

- **Torud ja toruühendused** (7).
 - **Nõuded torustikule** (7.1). Torustikud peavad olema juurdepääsetavad, lahtivõetavad ühendused konstruktsioonide sees (nt pörandas) ei ole lubatud. Määratakse ära vee maksimaalne voolamise kiirus torustikes. Tuleb arvestada torustike termilise paisumisega, eriti konstruktsioone läbivates torustikel.
- **Sulgemis ja reguleerimisarmatuur** (8). Sulgemis ja reguleerimisarmatuur peab olema kergesti ligipääsetav.
- **Torude ja seadmete soojusisoleerimine** (9). Torustikud tuleb katta soojusisoleatsiooniga.

- **Teostus, kontroll ja hooldus** (11). Hooldustöid tohib teostada vaid vastava pädevusega ettevõtja. Süsteem peab olema tasakaalustatav, hooldustööde käigus tuleb teostada vastavad mõõtmised.

Kokkuvõttes võib hinnata, et standardi juhiste järgimine vähendab torustike rikke riski.

4.1.6 EVS-EN 12828:2012+A1:2014 Hoonete küttesüsteemid. Vesiküttesüsteemide projekteerimine.

Standard (inglise k) annab juhised süsteemide projekteerimiseks, sh materjalide valikuks. Hoonesiseseid torustikke käsitletakse järgnevates peatükkides:

- **Pipework** (4.3.2.4). Torustike projekteerimisel arvestada korrosioonikindluse, soojuspaisumise, soojustuse, vastupidavusega mehaanilistele välistele mõjudele, hoolduse lihtsusele.
- **Thermal insulation** (4.8) -> **General** (4.8.1). Torustike soojustus tuleb valida selliselt, et see ei soodustaks torustike välist korrosiooni.
- **Frost protection** (4.8.4). Kõik süsteemi osad, kus on külmumise oht, tuleb soojustada. Lisaks tuleb torustikud, mille läbimõõt on alla DN50 ning mis asuvad äärmiselt külmaohtlikes kohtades, varustada soojenduskaabliga.

Standard annab põhjalikud juhised küttesüsteemi torustike kaitseks nii korrosiooni kui külma eest.

4.1.7 DIN-1988-7 Drinking water supply systems – prevention of corrosion and scaling

Standard (inglise k) annab ülevaate metalltorustike korrosiooni liikidest ja annab juhised, milliseid meetmeid korrosiooni ohu vähendamiseks rakendada. Torustike sisemise korrosiooni ärahoidmiseks soovitatakse mitte paigaldada vask (või vaske sisaldavast metallist) torustikke voolu suunas enne tsiingitud terastorustikke, kuna see vähendab viimaste eluiga (elektrokeemiline korrosioon). Välise korrosiooni vältimise peamiseks abinõuks tuuakse välja torustike isoleerimine (soojustamine). Lisaks on oluline tagada külmumiskaitse seintest läbiviimisel (eriti välispiirde läheduses).

4.1.8 EVS 860:2015 Tehniliste paigaldiste termiline isoleerimine

Standard annab ülevaate mahutite ja torustike isoleerimise nõuetest. See standard kirjeldab sellist torude, mahutite ja seadmete soojusisoleerimist, kus isolatsioonimaterjalina kasutatakse mineraalvilla ja kattematerjalina lehtmaterjali. Sobivuse korral võib seda standardit kasutada ka muudel isolatsioonitöödel.

Standard koosneb kokku seitsmest osast (Osa 1 – Osa 7). Nendest käsitlevad torustike riskitegureid järgnevad osad:

- **EVS 860:2015. Soojusisolatsiooni teostus.**
 - **Torude isoleerimine** (5.1). Esitatakse detailsed joonised isolatsioonilahenduste kohta.
 - **Kinnitusvahendid** (6). Soovitus jälgida torustike kinnistusdetailide materjali sobivust torustiku materjaliga. Näiteks roostevabast terasest torustikel on lubatud kasutada vaid samast materjalist tugesid.
- **EVS 860-6:2015: Külmaisolatsioon.** See standard käsitleb olulisemaid faktoreid, mida tuleb järgida tehniliste paigaldiste külmaisolatsiooni projekteerimisel, teostamisel ja materjalide valikul. Olulisemad punktid:
 - **Isoleerimistööde teostamine** (4). Juhitakse tähelepanu nõudele, et isolatsioon peab alati olema aurutihe.
 - **Korrosioonikaitse** (4.1). Terasest materjalid tuleb enne isoleerimist katta kaitsevärviga.

4.1.9 EVS-NE 476-2011 General requirements for components used in drains and sewers

Standard (inglise k) annab ülevaate peamistest komponentidest, millele on standardi soovitusel kohaselt otstarbekas koostada tehniliste nõuete kirjeldamiseks eraldi standard. Oluliste komponentidena on torustiku töökindluse mõttes loetletud järgmised osad:

- **Corrosion resistance** (6.9). Korrosioonikindlus.
- **Abrasion resistance** (6.10). Abrasioonikindlus
- **Coatings and linings** (6.11). Torustiku katmine
- **Long-term behaviour** (6.12). Pikaajaline toimimine.
- **Durability** (6.13). Vastupidavus
- **Sealing elements** (6.14). Liitmike tihendid.

Kokkuvõttes ei anna standard täpseid juhiseid torustike osas, vaid pigem soovitab vastavad nõuded luua täiendavate standarditega.

4.1.10 EVS807:2016 Kinnisvarakeskkonna juhtimine ja korrashoid

Dokument annab väga põhjalikud juhised hoone tehnosüsteemide hoolduse planeerimiseks ning seega süsteemide amortiseerumisest tingitud riskide maandamisest. Standard on väga põhjaliku käsitlusega alates korrashoiu kavandamisest kuni hangete läbiviimiseni.

Peamised tehnosüsteemide hooldust käsitlevad peatükid:

- **Kinnisvarakeskkonna juhtimise ja kinnisvara korrashoiu põhimõtted** (4). Muuhulgas käsitletakse tehnosüsteemide osas järgnevaid teemasid:
 - **Korrashoiukava kavandi koostamine** (4.4.4). Kaardistatakse tegevused, mis tagavad kinnisvaraobjekti osade kasutatavuse järgnevalt 3/5/10 aastaks.
 - **Teenuste hankimine** (4.4.5). Üldised juhised hangete korraldamiseks.
 - **Teenuste tarbimine** (4.4.6). Juhised tagamaks hankelepingu kohased tegevused.
 - **Seire ja kontrollimine** (4.4.7). Hankelepingu tegevuste kontroll.
- **Kinnisvara korrashoiu protsess** (5). Esitatakse selged juhised korrashoiu protsessi haldamiseks järgneva protsessina: (Faas 1) Kinnisvarakeskkonna strateegia kujundamine -> (Faas 2) Korrashoiustrateegia kujundamine -> (Faas 3) Korrashoiukava ja tugiteenuste kava koostamine -> (Faas 4) Teenuste hankimine -> (Faas 5) Teenuste tarbimine -> (Faas 6) Seire ja kontrollimine -> (Faas 7) Strateegia testimine ja kohandamine.
 - **Korrashoiukava ja tugiteenuste kava koostamine** (5.3). Korrashoiukavale eelneb tehnosüsteemide tehniline ülevaatus ja olukorra fikseerimine, kusjuures ekspert peab olema hoone haldajast ja omanikust sõltumatu. See annab hoone omanikule ülevaate, milliseid tegevusi tuleb järgnevalt läbi viia, et oleks tagatud tehnosüsteemide toimimine.
- **Kinnisvara korrashoiu korraldamise dokumendid** (6). Muuhulgas käsitletakse ülevaatus ja hooldusega seondult:
 - **Tehniline ülevaatus-uuringud, seisundi hinnang** (6.3.2.5). Standard määratleb selgelt, milliseid aspekte tuleb hinnata (nt pumpade tööd, lekkeid, ummistusi, läbijookse). Ekspert hinnangu alusel koostatakse korrashoiukava tegevuste loetelu. Loetelu alusel algatatakse teenuste hankimine.
 - **Hooldusraamat** (6.4.1). Hooldusraamatus kirjeldatud tegevuste õigeaegne elluviimine võimaldab ehitise omanikul vähendada avariide ilmnemise ohtu. Standard kirjeldab põhjalikult hooldusraamatu sisu ja ülesehitust.
 - **Remonttööde kava** (6.4.4). Vastav kava tagab efektiivse tööde planeerimise.

- **Hoolduskavad - tehnohoolduse (TH) hoolduskava** (6.4.5). Hoolduskava on hooldusjuhendite baasil koostatud tegevuste kirjeldus, mis tagab tehnosüsteemidele nõuetekohase hoolduse.
- **Kinnisvara korrashoiu kvaliteet** (7). Standard annab juhised kvaliteedi juhtimiseks, hindamiseks ja kontrollimiseks.
- **Kinnisvarakeskkonna kulude arvestus ja analüüs** (8). Standard annab ülevaate kulude analüüsist, arvestuse põhimõtetest, kulukomponentidest ning seirest ja kontrollist.

Riigi Kinnisvara AS (RKAS) täiendused standardile EVS807:2016 (RKAS, 2016):

RKAS on täiendanud standardit määrates hooldustööde, sh ülevaatuse sagedused ning lisades nõude fikseerida kõik hooldustööde vastavates hoolduspäevikutes. Torustike kontrolli sagedused: **küttesüsteemide soojussõlmed** 1 kord kuus torustiku ja lekete kontroll, kütetorustikud ja kütkehad – 1 kord aastas (EVS807 klassifikaatori kood 241). **Veevarustussüsteemid** – 1 kord kuus torustiku isolatsiooni kontroll ja lekete tuvastamine (EVS807 klassifikaatori kood 242). **Kanalisatsioon ja drenaažisüsteemid** – 1 kord kvartalis torustiku kontroll (EVS807 klassifikaatori kood 243).

Kokkuvõtteks võiks standardi järgmisest olla torustike riskitegurite maandamisel oluline abi, kuna see annab selged juhised ja protsessi kirjelduse, kuidas vastavaid tegevusi planeerida.

4.2 Soovitused

Analüüsitud standardid annavad põhjaliku tehnilise ülevaate hoone metalltorustike projekteerimisest, ehitamisest ning hooldusest ning vastavate protsesside korraldamisest. Vastavate standardite järgmisel on tagatud ptk 3 kirjeldatud riskitegurite maandamine ja kõrvaldamine.

Standard on soovituslik dokument, mille kohustuslikuks muutmiseks on vaja sellele viidata vastava lepinguga või seadusandliku aktiga. Seega tasuks kaaluda – eriti hoonete puhul, mille torustike eluiga jääb ptk 2 välja toodud kriitilise eluea piirile – vastav täiendus kindlustuslepingusse lisada.

5 Juhised, soovitused

Peamised juhised ning soovitused hoone siseste metalltorude purunemiskrite hindamisel ja maandamisel on:

- **Külma- ja reoveetorustike eeldatav eluiga on kuni 50 aastat.** Soojaveetorudel on see lühem. Rohkem kui 50 aastat tagasi paigaldatud torustikud on soovitatav välja vahetada.
- **Kui hoone põhjalikum renoveerimine võetakse ette rohkem kui 20 aastat pärast ehitust, on soovitatav renoveerimise käigus välja vahetada kõik torustikud.**
- **Vanade metalltorude puhul on peamiseks riskiallikaks korrosioon** (nii sisemine kui välimine). Selle mõjude vähendamiseks tuleb juhendada ptk. 3.1 toodud soovitustest.
- **Lisaks korrosioonile tuleb arvestada, et torude purunemiskrite suurendavad ülerõhk, hüdrauliline löök, väliskeskkond, väsimuspurunemine ja ehitusvead.** Nende maandamiseks tuleb eelkõige tagada, et süsteemid on ehitatud ja opereeritud standardites ja projektis ette nähtud tingimustel. Riskide maandamiseks peavad olema rakendatud ptk 3 kirjeldatud ennetavad meetmed.
- **Torusüsteemide osalisel renoveerimisel tuleb tagada, et kasutatavad torud ja materjalid on sobivad ega suurenda torustike purunemise riski** (projektis ette nähtust erineva läbimõõduga torude kasutamine, erinevast materjalidest liitmike, torude kasutamine jms). Riskide

maandamiseks tuleks torutööd tellida vaid vastavat majandustegevuse registreeringut omavalt ettevõttelt. Tööde käigus järgida ptk 4.1 loetletud standardeid.

- **Hoonete renoveerimise ja ümberehitamise käigus tuleb tagada juurdepääs torustike šahtidele** (soovitavalt ka korteri sisestele torudele). See võimaldab nii hoone kui korteriomanikul regulaarselt hinnata torustiku seisukorda ning purunemisele viitavate tegurite ilmnemisel ennetavalt reageerida. Järgida ptk 4.1 loetletud standardeid.
- **Rohkem kui 20 aastat vanade hoonete puhul on soovitatav nõuda hoone omanikult kinnisvara korrashoiu kava** (näiteks mugandus EVS807:2016 toodud kavast). Kavas tuleks ära määrata korralised tehnosüsteemide ülevaatused, need dokumenteerida ja ülevaatuste tulemuste alusel kinnitada tegevuskava. Korrashoiu kava võimaldab kindlustusandjal saada pärast kahju ilmnemist ülevaade tehnosüsteemide tehnilisest seisukorrast enne kahjujuhtumit. Samuti võimaldab see hinnata tehnosüsteemidest tulenevaid riske enne hoone kindlustamist.

6 Kasutatud allikad

Barton, N., A., Farewell, T., S., Hallett, S., H., Acland, T., F. 2019. Improving pipe failure predictions: Factors affecting pipe failure in drinking water networks. *Water Research*. 164, pp. 1-16.

Folkman, S. 2018. Water main break rates in the USA and Canada: A comprehensive study. Utah State University. 48 pp.

Lee, J., Meehan, M. 2017. Survival analysis of US water service lines utilizing a nationwide failure data set. *Journal AWWA*. 109(9), pp. 13-21.

National Institute of Building Science. 2000. Residential rehabilitation inspection guide. Report for the U.S. Department of Housing and Urban Development, Office of Policy Development and Research. 162 pp.

Morello, C., S. 2013. Building updates: Aging plumbing systems. *Insurance Journal*. <https://www.insurancejournal.com/magazines/mag-features/2013/03/25/285518.htm> (juurdepääs 05.12.2019)

Asadi, S., Babaizadeh, H., Foster, N., Broun, R. 2016. Environmental and economic life cycle assessment of PEX and copper plumbing systems: A case study. *Journal of Cleaner Production*. 137, pp. 1228-1236.

Suurkask, V. 2012. Hoonete veevõrk ja kanalisatsioon. TTÜ kirjastus. 168 lk.

USEPA. 2002. Deteriorating buried infrastructure management challenges and strategies. 37 pp.

Paradkar, A., B. 2002. An evaluation of failure modes for cast iron and ductile iron water pipes. *MSc thesis*, University of Texas. 95 pp.

Berglund, D., Kharazmi, P., Miliutenko, S., Björk, F., Malmqvist, T. 2018. Comparative life-cycle assessment for renovation methods of waste water sewerage systems for apartment buildings. *Journal of Building Engineering*. 19, pp. 98-108.

USEPA. 1984. Corrosion manual for internal corrosion of water distribution systems. 141 pp.

Walski, T. M., Sharp, W. W., Shields, F. D. Jr. 1988. Predicting internal roughness in water mains. Miscellaneous paper EL-88-2, US Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, Miss. 27 pp.

Echavez, G. 1997. Increase in losses coefficient with age for small diameter pipes. *Journal of Hydraulic Engineering*. 2, pp. 157-159.

Nduuku, K. 2019. The 5 Factors of Atmospheric Corrosion. <https://www.corrosionpedia.com/the-5-factors-of-atmospheric-corrosion/2/1429> külastatud 13.01.2020

Keary, A. C., Syngellakis, S., Bowen, R.J. 2001. Experimental and analytical study of thermal stresses during pipe freezing. *Proc Instn Mech Engrs Vol 215 Part E*

Belmonte, H.M.S., Mulheron, M.J., Smith, P.A. 2009. Some observations on the strength and fatigue properties of samples extracted from cast iron water mains, *Fatigue Fract Engng Mater Struct* **32**, 916–925

Fuente, D. de la, Dkz, I., Simancas, J., Chico, B., Morcillo, M. 2011. Long-term atmospheric corrosion of mild steel. *Corrosion Science* **53** (2011) 604–617

Kuskov, V. N., Kovenskiy, I. M. and Kuskov, K. V. 2014. The peculiarities of fatigue failure for pipe steels of different strength classes (pipes with welds), *Energy Production and Management in the 21st Century*, Vol. 2 889

Klauson, A., Metsaveer, J., Põdra, P., Raukas, U. 2017. Tugevusõpetus. TTÜ Kirjastus

RKAS. 2016. Tehnohoolduse tehniline kirjeldus. Üldosa. RKAS, Tallinn. https://rkas.ee/sites/default/files/public-uploaded-files/Teenuste%20tehnilised%20kirjeldused/teh/Tehnohoolduse_tehniline_kirjeldus_Yldosa_032016.pdf külastatud 17.01.2020