



Karin Kroon  
Kliimaministeerium  
info@kliimaministeerium.ee

19.08.2025 nr 10-3/25-1348

## **Eesti Geoloogiateenistuse arvamus puurimise ajal juhttoru maa alla tõmbavate tehnoloogiate kasutamisest puurkaevude puurimisel**

### **Probleemi olemus: puurkaev kui potentsiaalne saastekanal**

Puurkaev on rajatis ehitusseadustiku mõistes. See on tehnosüsteem, mis ühendab maapõues olevad veekihid inimese joogivee- ja tarbeveevajadustega. Seetõttu ei ole puurkaevude rajamisel tegemist pelgalt ehitusliku või tehnilise küsimusega, vaid tegevusega, mis kätkeb endas olulist keskkonnariski ja ohtu kriitilisele ressursile. Puurkaev võib kujuneda põhjavee reostumise põhjuseks, kui selle rajamisel ei suudeta tagada konstruktsiooni, mis säilitab põhjaveekihtide isoleerituse.

Eestis valitsevad keerukad ja geoloogiliselt muutlikud olud, eriti kvaternaari setete puhul, mis on pudedad, puurimise ajal sageli ebastabiilsed ning varieeruva veesisaldusega. Nendes tingimustes muutub puurkaevu rajamine tehniliselt keeruliseks ning puurkaevu rajamisel peab tagama, et puurkaevu rajamise protsessi edukus ei sõltuks üksnes töö tegija oskustest või heast tahtest, vaid oleks objektiivselt kontrollitav kogu protsessi vältel. Paraku ei ole võimalik tagada objektiivset omanikujärelevalvet keerdlöökpuurimisel, kus juhttoru viiakse maapinda koos puurpeaga (inglise keeles: Casing advancing systems – CAS) ning säilitakse puurkaevu konstruktsioonis kui manteltoru.

### **Põhjaveekaitset puudutavad õigusaktide nõuded**

Puurkaev on küll võrreldav tavapärase ehitusobjektiga, nagu näiteks hoone või tee, kuid samas kujutab see endast kriitilist ühendust inimese tarbimisvajaduste ja loodusliku põhjaveesüsteemi vahel. Kuna iga puurkaevu rajamisega kaasneb keskkonnarisk, on õigusaktidega kehtestatud spetsiifilised ja sisulised nõuded.

Ehitusseadustiku § 126 lõike 6 punktid 2 ja 3 annavad valdkonna eest vastutavale ministrile volituse kehtestada nõuded puurkaevu ehitusprojektile ja selle projekteerimise, rajamise ning kasutusele võtmise korra. See annab õigusliku aluse reguleerida ka konkreetseid puurimismeetodeid selleks, et tagada vajalikku ohutus- ja kvaliteeditaset.

Puurkaevude rajamise täpsemad tehnilised ja keskkonnakaitselised nõuded on sätestatud keskkonnaministri 27.06.2022 määruses nr 43, mille § 9 lõike 1 punktid 1 ja 3 toovad välja järgmised nõuded puurkaevu või -augu konstruktsioonile:

**Punkt 1:** puurkaev peab olema sellise konstruktsiooniga, mis tagab põhjaveekihi kaitstuse

reostuse eest. See tähendab, et konstruktsioon peab olema veepidav ning ei tohi võimaldada saaste liikumist maapinnalt põhjaveekihti.

**Punkt 3:** puurkaevu rajamisel tuleb tagada erinevate põhjaveekihtide omavaheline isoleeritus, vältimaks saastunud vee liikumist kõrgematest kihtidest sügavamatesse.

Need ei ole formaalsed tehnilised soovitusel, vaid siduvad ja sisulised keskkonnakaitse nõuded, mille eesmärk on tagada, et puurkaevu rajamisega ei kahjustaks põhjavee kvaliteeti ega põhjustaks pöördumatut kahju veevarudele.

Nimetatud nõuded peavad olema täidetud mitte ainult projekteerimisel, vaid ka rajamise käigus. Seetõttu on oluline, et kasutatav puurimismeetod võimaldaks nende nõuete täitmist objektiivselt kontrollida, mitte lihtsalt eeldada või hiljem deklareerida. Kui tehnoloogia olemus välistab võimaluse veenduda, et konstruktsioon vastab nõuetele, ei ole selle kasutamine lubatav.

Lisaks tuleneb põhjaveekaitse vajadus ka Eesti Vabariigi põhiseadusest, mis seob selle laiemate ühiskondlike väärtustega. Põhiseaduse § 5 sätestab, et loodusvarad – sealhulgas põhjavesi – on rahvuslik rikkus, mida tuleb kasutada säästlikult ning pikaajaliselt. § 53 paneb igale isikule kohustuse hoida looduskeskkonda ning riigile kohustuse tagada selle kaitse.

Seega tuleneb kehtivate õigusaktide koostoimest, et puurkaevude rajamisel tuleb kasutada ainult selliseid tehnoloogiaid, mille keskkonnarisk on minimeeritud, mille ohutus on kontrollitav ja mille vastavust saab vajaduse korral tõendada ka järelevalve käigus.

### Puurkaevude rajamine

Puurkaevu rajamine on tehniliselt ja keskkonnakaitseks keerukas tegevus, mis jaguneb sisuliselt kaheks eraldiseisvaks järjestikuliseks etapiks, kus teine etapp on otseselt ja objektiivselt sõltuv esimesest etapist. Esmalt rajatakse puurauk, mille eesmärk on jõuda soovitud sügavusel asuva põhjaveekihtini. Seejärel muudetakse puurauk puurkaevuks – ehk varustatakse see vajalike konstruktsiooniliste elementidega, mis võimaldavad vee pumpamist soovitud põhjaveekihtist ning takistavad muu, mittesoovitud vee sattumist kasutatavasse põhjaveekihti.

Puuraugu puurkaevuks muutumise eelduseks on tehnoloogiline võimekus isoleerida erinevad põhjaveekihid, et takistada pinnavee või reostunud vee liikumist sügavamatesse kihtidesse ning tagada puurkaevu konstruktsiooni veepidavus kogu selle ekspluatatsiooni vältel. Just nende tingimuste täitmine eristab puurkaevu teistest puurimise kaudu rajatavatest tehnilistest objektidest nagu ehitusvaiad, ankrud või geotehnilised ja geoloogilised uuringupuuraugud.

### Puuraugu rajamine

Puurkaevu rajamise esimese, ehk puuraugu rajamise etapi jaoks on välja töötatud mitmeid erinevaid puurimistehnoloogiaid ja -meetodeid, mille sobivus sõltub eeskätt järgnevatest teguritest:

1. Puuraugu rajamise eesmärk – kas tegemist on puurkaevu, vaia, ankru või geoloogilise või geotehnilise uuringupuurauguga.
2. Puuraugu nõutav sügavus ja diameeter, mis määravad vajalikud seadmed ja töövõtted.
3. Pinnase ja kivimite omadused, millest tulenevad konkreetsed tehnilised vajadused, sealhulgas:
  - vajaminev mehaaniline energia augu tekitamiseks;
  - eemaldatava materjali hulk;

- puuraugu seinä püsivus ilma toetuseta või koos sellega.
4. Puurimise keskkond maapinnal, sealhulgas ruumilised piirangud, ligipääsetavus ning vajadus madalamüraliste või väiksemamõõduliste seadmete järele.
  5. Puurimise võimalik mõju põhjaveekihtidele, mis on eriti oluline just puurkaevude puhul – eristamaks neid ehitustehnilistest lahendustest.

Kõiki neid tegureid kaaludes valitakse konkreetsele objektile sobiv puurimistehnoloogia ja -meetod, millest igaühel on oma kasutuspiirangud ja keskkonnariskid. Just seetõttu ei saa puurkaevude rajamisel kasutada ükskõik millist tehnoloogiat ainult sellepärast, et see sobib mõnes muus insenerivaldkonnas – näiteks ehitusvaiade rajamisel.

Puurkaevu, kui põhjavee kättesaamiseks mõeldud rajatise puhul tuleb puurimistehnoloogia valida mitte ainult tehnilise teostatavuse, vaid ennekõike põhjaveekaitse nõuete täitmise alusel. Iga meetod peab võimaldama:

- manteltoru taguse tühemiku loomist ja kontrolli tsementeerimise ulatuse üle,
- põhjaveekihtide kindlat isoleerimist,
- kogu protsessi objektiivset kontrollitavust.

Meetod, mille puhul juhttoru surutakse maapinda samaaegselt puurpeaga, kuulub keerdlöökpuurimise tehnoloogiate hulka. Eestis on laialdaselt kasutusel selle meetodi variandid, nagu ODEX, NOVA ja teised, mis kuuluvad ingliskeelse nimetuse Casing Advancing Systems (CAS) alla. Tegemist on süsteemidega, millel on nii ekstsentrilised kui kontsentrilised erimid. Laiemalt mõistetuna kuulub CAS-tehnoloogiate alla ka topeltpöördpeaga puurimine, kuigi selle tehniline ülesehitus erineb märkimisväärselt eelnevatest.

Valdavalt on CAS-meetodid – välja arvatud topeltpöördpeaga lahendus – välja töötatud ehitussektori vajadustest lähtuvalt, ennekõike vaiade ja ankrute kiireks ning stabiilseks paigaldamiseks. Meetodi suurim eelis seisneb töökiiruses ning selles, et juhttoru toetab puuraugu seinu juba puurimise ajal, takistades pudedates setetes augu kohest varisemist. See omakorda võimaldab puurpead ja vardaid hiljem ohutult välja tõmmata. Sõltuvalt töö eesmärgist võib juhttoru hiljem pinnasest eemaldada või jätta maa sisse.

Topeltpöördpeaga puurimistehnoloogia, erinevalt teistest CAS-variantidest, töötati välja eelkõige maasoojuspuuraukude rajamiseks. Selle puhul kasutatakse kahte eraldi pöörlevat süsteemi – välimine ajam juhib juhttoru, sisemine aga juhttorus paiknevat puurpead ja puurvardaid. Juhttorud on spetsiaalselt selleks otstarbeks valmistatud: need on keermetatud, võimaldades neid töö käigus liita ja eemaldada ning kasutada korduvkasutatavate elementidena. Kui väline juhttoru on piisavalt sügavale viidud ja puurauku enam kokkuvarisemise oht ei ohusta, saab sisemise puuriga edasi liikuda. Selle tehnoloogia puhul tõmmatakse tsementeerimise ajal juhttoru alati puuraugust välja.

Kõigi CAS-tehnoloogiate tööpõhimõte põhineb asjaolul, et puurimisel juhttoru küljes kasutatav puurkroon või ekstsentriliselt avanev puurpea tekitab puuraugu, mille diameeter on natuke suurem kui juhttoru välimine läbimõõt. See tagab, et toru ei kiilu pinnasesse ega jää puurimisel kinni, vaid saab liikuda koos puurimise edenemisega sujuvalt allapoole.

Samas on oluline märkida, et CAS-meetodite arenduses on üheks keskseks eesmärgiks hoida puuraugu ja toru diameetrite erinevus võimalikult väike. See aitab vältida, et puurimisel tekki õhk ja puurmed pääseksid kontrollimatult puuraugu seintest välja. Meetodi olemus eeldab, et nii õhk kui ka puurmed suunatakse maapinnale tagasi läbi juhttoru. See on kriitilise tähtsusega,

kuna pinnasest väljapoole suunduv õhk, sellega koos ka põhjavesi ja puurmed võivad pudedates setetes ja pehmetes kivimites põhjustada erosiooni ning moodustada tühimikke, mis ohustavad nii puuraugu rajamise protsessi, kui ka hilisemat konstruktsiooni stabiilsust.

### Puurkaevu rajamine

Puuraugu muutmine puurkaevuks tähendab sisuliselt selle ehitamist selliseks rajatiseks, mille kaudu saab põhjavett kasutada kontrollitud tingimustel. Lihtsustatult on see protsess, mille käigus muudetakse puuraugu seinad veepidavaks, jättes avatuks vaid kindlaks määratud intervalli soovitud põhjaveekihi. Eesmärk on tagada, et põhjavesi pääseks puurkaevu vaid valitud sügavusel ja oleks välistatud soovimatu veevool erinevate põhjaveekihtide vahel.

Puurkaevu projekteerimisel ja rajamisel tuleb lähtuda mitmest sisulisest nõudest, mille eesmärk on tagada nii veekasutuse toimivus kui ka põhjavee kaitse. Kõige olulisemad arvestatavad tegurid on järgmised:

1. Puurkaevu kaudu tuleb luua juurdepääs põhjaveekihtile, mis vastab nii koguse kui kvaliteedi osas veevajadusele. See tähendab, et põhjaveekihist peab olema võimalik saada soovitud koguses vett ajaühikus (siinkohal on oluline nii päevane koguhulk kui ka lühiajaline tipukoormuse maksimum) vastavate põhjaveetasemega. Lisaks peab veekvaliteet vastama prognoositud näitajatele, mis on hinnatud eelnevate uuringute ja kättesaadavate hüdrogeoloogiliste andmete põhjal.
2. Puurkaev peab olema ehitatud viisil, mis välistab looduslikust suurema põhjavee liikuvuse erinevate veekihtide vahel. Kvaliteetne manteltorude isolatsioon on puurkaevu konstruktsiooni keskne osa, kuna selle puudumine võib põhjustada:
  - ülemiste, maapinnalähedaste ja sageli madalama kvaliteediga või reostunud põhjaveekihtide vee liikumise sügavamatesse kihtidesse,
  - piirnevate põhjaveekihtide vee juurdevoolu tarbitavasse põhjaveekihti, mis võib muuta tarbitava põhjavee keemilist koostist ja heljumi lisandumist välja pumbatavasse vette,
  - kasutatava põhjaveekihi vee kvaliteedi muutumist ettearvamatuks, mille mõjul võib puurkaevust võetav vesi muutuda kasutuskõlbmatuks, kuid halvemal juhul võib puurkaev ise muutuda reostuse kanaliks põhjaveekihti.
3. Puurkaev peab andma vett pumpamise ajal ilma liigse mehaanilise settelisandita. See tähendab, et puurkaevu konstruktsioon ja filterosa peavad olema projekteeritud selliselt, et need ei lase peenetel setteosakestel koos veega kaevu siseneda, tagades seeläbi veekvaliteedi stabiilsuse ja pikendades kaevu kasutusiga.

Kõik need tegurid koos määravad, kas puuraugust saab ehitada nõuetele vastava puurkaevu. Eesti hüdrogeoloogilise kaardistuse ja olemasolevate andmete tõttu on sobiva põhjaveekihi valik kvalifitseeritud projekteerija jaoks üldjuhul lihtsasti teostatav. Kõik ametlikult rajatud puurkaevud on registreeritud avalikus EELIS-e andmebaasis, mis sisaldab detailselt põhjaveekihtide levikut, sügavusvahemikke, hüdrogeoloogilisi omadusi ning põhjavee kvaliteediga seotud näitajaid. Selline avalik andmestik võimaldab projekteerijal teha teadlikke ja põhjendatud otsuseid ning valida puurkaevu rajamiseks tehnilise teostuse ja põhjavee kvaliteedi seisukohalt sobivaima veekihi.

Hästi koostatud puurkaevu projekt ei sisalda üksnes puurkaevu rajamise tehnilisi andmeid, vaid ka motiveeritud põhjendust valitud põhjaveekihi sobivuse kohta ja riskide kirjeldust, mis seonduvad põhjavee kvaliteediga, mida tellijal ning järelevalve teostajal on võimalik mõista ja hinnata. See suurendab projekti läbipaistvust ja usaldusväärsust ning aitab vältida hilisemaid arusaamatusi puurkaevu asukoha või omaduste osas.

Põhjaveekihi muutmine puurimise käigus ei ole soovitatav praktika. Selline muudatus peaks olema erandlik, põhjendatud selgelt objektiivsete asjaoludega (nt geoloogiline kõrvalekalle) ning tellijaga ja järelevalve teostajaga eelnevalt kooskõlastatud. Eestis on põhjaveekihi pindalaliselt võrdlemisi homogeense levikuga ning hästi dokumenteeritud, mistõttu suudetakse kvaliteetselt koostatud projekti puhul sihtkiht üldjuhul õigesti määrata. Tõsi, avamissügavus võib geoloogilistest iseärasustest tingituna mõnevõrra varieeruda, kuid need kõikumised jäävad üldjuhul mõne meetri piiresse ja on prognoositavad.

Kui siiski osutub vajalikuks põhjaveekihi muutmine puurimise käigus, tuleb tagada, et tellija ja järelevalve teostaja oleksid teadlikud uue kihi veekvaliteedi võimalikest iseärasustest ja kaasnevatest riskidest. Sügavamates põhjaveekihtides võib esineda looduslikult kõrgemat soolsust, samuti fluoriidide sisalduse suurenemist (nt Loode-Eestis), arseeni sisaldust (eriti Lõuna-Eestis), baariumi ja loodusliku radioaktiivsuse taseme tõusu (eelkõige Põhja-Eestis), samuti muude mikrokomponentide esinemise tõenäosust. Nende ainete sisaldus võib ületada joogivee kvaliteedinõudeid või nõuda täiendavat puhastustehnoloogiat. Mistõttu tuleb põhjaveekihi vahetus eelnevalt tellijaga kokku leppida ja järelevalve teostajaga kooskõlastada pidades silmas võimaliku keemilise koostise erinevust ja sellega kaasnevaid tehnilisi, tervise- või kuluriske.

Sellest lähtuvalt tuleb põhjaveekihi valikuga seotud otsustust ning võimalikke ebatäpsusi pidada eeskätt projekterija ja rajaja vastutusalasse kuuluvaks, kuna lisaks projekteerimisetapis tehtavale eeltööle tuleb ka puurimistööde käigus hoolikalt jälgida reaalseid geoloogilisi kihistuid ning nende hüdrogeoloogilisi omadusi. Puurkaevu rajamisel võivad ilmned looduslikud tingimused, mis esmapilgul ei vasta ideaalile, kuid mida on sageli võimalik sobiva konstruktsiooniga kompenseerida või korrigeerida. Näiteks võib sobivuse saavutada puurkaevu avatud osa diameetri suurendamisega soovitud sügavusel, korrektse terasuurusega filterpuiste kasutamisega, puurkaevu sisse töötamine enne üleandmist, sobivate lisandite rakendamisega puurimise ajal või õige puurimistehnoloogia valikuga lähtuvalt geoloogilisest läbilõikest.

Sellised otsused eeldavad projekterija ja puurija tihedat koostööd kogu puurkaevu rajamise protsessi vältel ning vastutust tulemuse kvaliteedi eest. Tegemist ei ole eraldiseisvate töötappidega, vaid omavahel põimunud inseneritöö ja vastutusega, mille tulemusena peab valmima toimiv ja nõuetele vastav puurkaev.

Juhul, kui puurimise käigus otsustatakse põhjaveekihti muuta, siis ei tohi sellega seotud lisakulud ega töömahud üldjuhul jääda tellija kanda, kuna tegemist on projekteerimis- ja rajamistööde riskiga. Nende maandamine ning asjakohane otsustamine on osa projekterija ja töövõtja professionaalsest pädevusest ja kohustusest. Tellija õigustatud ootus on, et ta saab kooskõlas sõlmitud lepinguga puurkaevu, mis asub lubatud veekihi ning vastab eelnevalt prognoositud kvaliteedi- ja kasutusomadustele.

Puurkaevu rajamise tehniliselt ja keskkonnakaitseliselt kõige olulisem etapp on selle konstruktsioonelementide korrektne paigaldamine ning avatud osa ülal- ja allpool asuvate põhjaveekihtide nõuetekohane isoleerimine. Just selles etapis kujuneb puurkaevust toimiv ja ohutu veehaarde süsteem, mille kaudu saab vett ammutada ainult soovitud põhjaveekihist, välistades samal ajal kõrval kihtidest pärit vee või reostuse sattumise kaevu.

Selle tegevuse eesmärgipärasus on otsesõnu sätestatud ka keskkonnaministri 27.06.2022 määruse nr 43 § 9 lõike 1 punktides 1 ja 3 (vaata eespool). Sama lõike punktis 6 on sätestatud ka tehniline minimaalnõue, mille kohaselt peab ettepuuritud puuraugu ja manteltoru läbimõõtude vahe olema vähemalt 50 mm, et isolatsiooni tagamiseks saaks toru ja puuraugu

seina vaheline tühemik täita sobiva tsementsegu või muu veepidava materjaliga.

Eesti ei ole siinkohal erandlik – samalaadsed konstruktsioonilised ja keskkonkakaitsetelised nõuded kehtivad enamikus Euroopa riikides ning Põhja-Ameerikas. Tavapraktika käsitleb manteltoru ja puuraugu sein vahelise tühemiku täitmist keskkonkakaitsetelisel ja tehnilisel kriitilise tegevusena. Näiteks Euroopa Liidus hetkel valmivas puurkaevude rajamise standardis on kavandatud minimaalne diameetrite vahe 100 mm, mis annab ümber toru igas suunas 50 mm laiuse ruumi isolatsioonimaterjali paigaldamiseks.

Tühemiku suuruse küsimus ei ole ainult konstruktsioonilise täpsuse probleem, vaid see tuleneb põhjavee liikumise füüsikalistes seaduspärasustest. Põhjavesi liigub alati suurema rõhu suunast väiksema rõhu suunas. Rõhk erinevates põhjaveekihtides võib samas kohas sügavuse lõikes oluliselt varieeruda. See tähendab, et kui looduslik veepide eraldab kahte erineva rõhutasemega veekihti, on nende rõhud isoleeritud seni, kuni see barjäär on puutumata.

Kui aga rajatakse puurauk, mis läbib mitut veekihti, lõhutakse looduslik veepide ning tekib kunstlik ühendus erinevate rõhuvööndite vahel. Selle tulemusel hakkab põhjavesi voolama suurema rõhuga kihist madalama rõhuga kihti, põhjustades veetasemete muutust mõlemas kihis, vee kvaliteedi muutust ning võimaliku reostuse levikut sügavamatesse kihtidesse. See protsess ei pruugi olla silmaga koheselt nähtav, kuid on pikaajalise mõjuga ja tihti pöördumatu. Seetõttu algab puurkaevu rajamise protsessi üks kriitilisemaid etappe pärast puuraugu valmimist, kui selle sisemusse paigaldatakse manteltoru. Et saavutada nõuetekohane põhjaveekihtide isoleeritus ja konstruktsiooni veepidavus, tuleb tagada, et manteltoru ja puuraugu sein vaheline ala oleks kvaliteetselt täidetud vettpidava materjaliga – näiteks tsemendi, bentoniidi, nende seguga või mõne muu turul kasutatava spetsiaalse täiteseguga.

Oluline on mõista, et puurauk ei ole kunagi ideaalselt sirge ega siledaseinaline. Seetõttu ei piisa pelgalt teoreetiliselt sobivast läbimõõdust – manteltoru peab reaalselt mahtuma puurauku nii, et selle ümber jääb piisav, pidev ja katkestusteta tühimik. Kui manteltoru puudutab mõnes kohas puuraugu sein – näiteks varisenud setete tõttu või juhul, kui kivimitükk ulatub vastu toru, tekivad nendesse kohtadesse potentsiaalsed lekke- ja voolukohad, mille kaudu võib vesi hakata liikuma erineva rõhuga põhjaveekihtide vahel.

Sellist olukorda võib võrrelda koduse veevärgi torustiku ühenduse halva isoleerimisega, kus torustikus oleva survega vesi hakkab süsteemist välja tilkuma. Tuleb arvestada, et ainuüksi vee tihedusest lähtuvalt võib juba 10 meetri sügavusel põhjaveekihtide vahel esineda ligikaudu 1 atmosfääriline rõhkude erinevus. Sellises survevahemikus vähimgi vaheliide või tihenduseta kontaktpind võib muutuda reostuskanaliks.

Et manteltoru saaks puurauku paigutada tehniliselt korrektselt ja ohutult, kasutatakse rajamisel kahte peamist võtet:

1. Piisavalt suure läbimõõduga puuraugu rajamine – see võimaldab, vaatamata puuraugu võimalikele ebaregulaarsustele ja kergemale vildakusele, paigaldada manteltoru nii, et selle ümber jääb igas suunas ruumi täitematerjali liikumiseks. Praktikas on tühemik sageli suurem kui 50 mm, mis tagab parema täituvuse ning tsementeerimismaterjali liikumise.
2. Tsentraatorite kasutamine – manteltoru välispinnale paigaldatakse regulaarselt (nt iga 5 meetri järel) spetsiaalsed tsentraatorid, mis hoiavad toru puuraugu keskel. See tagab, et tühemik manteltoru ümber on ühtlane ning ei teki toru vastu surutud kitsaskohti.

Lisaks eeltoodule on oluline märkida, et paljud puurimisettevõtted ei kasuta enam

tsementeerimist läbi manteltoru, vaid eelistavad tänapäevast meetodit, kus tsementeerimine toimub tsementeerimistoru (ingl. tremie pipe) kaudu. Selle meetodi puhul sisestatakse toru puuraugu põhjani mööda manteltoru välispinda ning tsement pumbatakse alt ülespoole, tagades materjali tõusul järkjärgulise surve ja tühimike täitmise. Et tsementeerimistoru saaks asetuda puuraugu ja manteltoru vahele ilma, et see suruks manteltoru vastu puuraugu seina, on piisava tühemiku olemasolu konstruktsiooni tehniliseks teostatavuseks hädavajalik.

Tulenevalt eelnevast on välja kujunenud ka rahvusvaheline praktika:

- Prantsuse standardis NF X 10-999 (2014) on ette nähtud, et joogivee-, geotermaal- ja seirekaevudel peab puurauk olema vähemalt 100 mm suurem (radiaalselt  $\geq 50$  mm) kui manteltoru, et tsement/bentoniit ja tremie-toru mahuksid; väiksematel torudel tohib radiaalne vahe langeda, kuid mitte alla 40 mm.
- Saksamaa detailiseerib diameetrite vahe tabelites (DVGW 2003b & AK GWB 2012), kus iga toru-DN juurde käib konkreetne lõpp-puuraugu Ø; DN 100 vajab min 244,5 mm ( $\approx 72$  mm raadiuse erienvus), DN 50 isegi 187 mm, mis näitab,  $\geq 50$  mm radiaalne erinevus ei ole mitte soovitus, vaid projekteerimispiirang.
- Ontario osariigi nõuded Kanadas on kõigile vabalt kättesaadavad (Hea puurimise tava: <https://www.ontario.ca/document/water-supply-wells-requirements-and-best-practices/annular-space> ja Kaevude määrus: <https://www.ontario.ca/laws/regulation/900903#BK20>) ning ka seal on nõue, mis tuleneb rahvusvahelisest standardist ASTM, et manteltoru välisseina ja puuraugu seina vahel peab olema vähemalt 2 tolli (5,1 cm) suurune vahe, mis teeb diameetrite vaheks 4 tolli (10,2 cm).

### CAS puurimistehnoloogiate sobivus puurkaevu rajamiseks

Eestis on käimas sisuline arutelu selle üle, kas nn CAS (Casing Advancing Systems) puurimistehnoloogiad sobivad kasutamiseks kvaliteetsete puurkaevude rajamisel, mis vastavad kehtestatud keskkonna- ja konstruktsiooninõuetele. Käesolevas peatükis käsitletakse üksnes CAS-meetodeid, mis ei hõlma topeltpöördpeaga puurimisseadmete kasutamist.

Kuna arutelu aluseks on tihti erinev arusaam kasutatavatest mõistetest, on oluline juba alguses selgitada terminikasutust:

- Juhttoru – mõistetakse siin puurimistöode ajal maapinda surutavat toru, mille eesmärk on puuraugu toestamine puurimise käigus.
- Manteltoru – viitab puurkaevu konstruktsioonelemendile, mis jääb lõplikult maapinda ning mille ümber toimub isolatsioon (nt tsementeerimine) ja mis peab tagama puurkaevu konstruktsiooni veepidavuse ning põhjaveekihtide isoleerituse.

Peamine segadus, mis on viinud aruteluni CAS-tehnoloogia sobivuse üle puurkaevude rajamisel, tuleneb mõistete mitmetimõistetavusest ja erinevast tõlgendusest nende kasutamisel. Eriti probleemseks osutub olukord, kus juhttoru paigaldus puurimise ajal käsitletakse ekslikult kui manteltoru paigaldust, kuigi need täidavad sisuliselt ja tehniliselt erinevaid funktsioone.

Lähtudes kehtivatest keskkonnaministri määruse nr 43 nõuetest, on võimalik CAS-tehnoloogiaga rajada nõuetele vastavaid puurkaeve ainult juhul, kui järgitakse järgmisi tingimusi:

- CAS-tehnoloogiat kasutatakse ainult puuraugu rajamiseks;
- puurkaevu rajamisel asetatakse manteltoru juhttoru sisse;

- puurimise käigus maapinda surutud juhttoru eemaldatakse puurkaevu manteltoru tsementeerimise käigus;
- juhttoru abil tekitatud puurauk on manteltoru välimisest läbimõõdust piisavalt palju suurem, et võimaldada kogu toru ulatuses usaldusväärset ja katkestusteta tsementeerimist vastavalt kehtestatud minimaalsetele tühemikunõuetele (diameetrite vahe vähemalt 50 mm).

Kui aga CAS-tehnoloogiat rakendatakse viisil, kus juhttoru jäetakse maa sisse ning selle puurimiseaegne paigaldus loetakse manteltoru paigaldamiseks, siis selline lähenemine ei võimalda järgida määruses sätestatud konstruktsiooni veepidavuse ega põhjaveekihtide isoleerituse nõudeid.

Nagu eelpool käsitletud, on enamik levinud CAS-süsteeme konstrueeritud selliselt, et juhttoru ümber tekitatav puurauk jääks võimalikult väikese läbimõõduga. Selle eesmärk on piirata õhu, vee ja puurmete liikumist juhttoru välisküljelt maapinnale, vältimaks nende kontrollimatut väljavoolu läbi setete. Selline olukord võib põhjustada erosiooninähtusi, mille tulemusel tekivad tühimikud või isegi pinnase kokkukukkumine, eriti pudedates setetes ja pehmetes kivimites.

Just seetõttu on CAS-tehnoloogiate puhul puurtoru ümber tekkiv tühemik tavaliselt liiga väike, et tagada puurkaevu rajamiseks vajalik konstruktsiooni veepidavus. Lisaks tuleb arvestada asjaoluga, et puuraugud ei ole kunagi ideaalselt sirged ega siledad – nad on geoloogiliselt ja mehhaaniliselt ebaühtlased, tihti kergelt kõverad ja krobelised. Sellistes tingimustes on äärmiselt ebatõenäoline, et oleks võimalik saavutada katkestusteta ja ühtlane tsementeerimine juhttoru ja puuraugu sein vahel.

Tulemuseks on see, et juhttoru paigaldamine CAS-süsteemi osana ei võimalda luua piisavat ja pidevat isolatsioonikihti, mis on hädavajalik selleks, et vältida põhjaveekihtide vahelisi rõhu- ja kvaliteedierinevustest tingitud vee liikumist. Seetõttu tuleb järeldada, et juhttoru kasutamine manteltoruna sellises kontekstis ei vasta kvaliteetse puurkaevu rajamise nõuetele.

Eestis on kasutusel NOVA-meetod, mille puhul kasutatakse juhttoru otsa keevitatavat puurkrooni, mis tekitab puuraugu, mille läbimõõt on ligikaudu 50 mm suurem kui juhttoru välisdiameeter. Selle meetodi kasutamise õigustuseks on viidatud keskkonnaministri määruse nr 43 § 9 lõike 1 punkti 6 nõudele, mille kohaselt peab ettepuuritud puuraugu ja manteltoru läbimõõkude vahe olema vähemalt 50 mm. NOVA-meetodi puhul loetakse see tingimus formaalselt täidetuks, kuna puurkroon tagab vajalikku läbimõõduvahet.

Siiski tuleb arvestada, et tehniline vastavus läbimõõdunõudele ei taga iseenesest tsementeerimise kvaliteeti ega puurkaevu nõuetekohast veepidavust. Praktikas tekivad olulised probleemid sõltuvalt geoloogilistest oludest:

- Pudedates setetes ei püsi puuraugu sein iseseisvalt stabiilsena. Pärast puurimist vajub pinnas tagasi juhttoru vastu, sulgedes osa toru ümbrusest enne tsementeerimist. See takistab tsementsegu ühtlast ja katkematut jaotumist ümber toru.
- Tugevates kivimites ja moreenides on väga tavaline, et kihistud on ebaühtlased, esinevad eri kõvadusega kihid, kruusased osised või üksikud tugevad munakad. Sellised geoloogilised takistused muudavad puuraugu loomult ebaühtlaseks ja kergelt kõveraks, mistõttu ei saa juhttoru pärast puurimist eelduslikult paikneda puuraugu keskel. Ka 50 mm läbimõõduvahe korral on tõenäoline, et juhttoru puutub kohati vastu kivimitükke või ebatasast puuraugu seina, luues kohti, kus tsement ei pääse toru ümber liikuma.



Seega tuleb rõhutada, et kuigi NOVA-meetodi puhul on formaalne miinimumnõue läbimõõdu erinevusele justkui täidetud, ei taga see sisulist vastavust määruse eesmärgile, milleks on põhjaveekihtide nõuetekohane isoleerimine. Ebaühtlane puurauk ja toru kontakt pinnasega takistavad tsementeerimist ning ei võimalda luua katkematut, tihedat isolatsioonikihti ümber toru.

2024. aastal jälgis Eesti Geoloogiateenistus NOVA-meetodil teostatavat puurkaevu rajamist objektil, kus pinnakatte paksus ulatus ligikaudu 19 meetrini. Vaatlusalune töö ebaõnnestus, tuues esile just need probleemid, mida CAS-tüüpi tehnoloogiate puhul püütakse vältida ning mis kinnitavad ka varasemaid teoreetilisi riske.

NOVA-meetodi eripäraks on see, et juhttoru otsa keevitatav kroon tekitab toru ümber suurema läbimõõduga puurauku, mis tähendab, et juhttoru ja seinavaheline tühemik on laiem kui klassikalise CAS-süsteemi puhul. See võimaldab teoreetiliselt tsementeerimist, ent avab samal ajal võimaluse kontrollimatuks pinnase varisemiseks vastu juhttoru, mida hiljem rakendatakse kui manteltoru. Käesoleval juhtumil hakkasid puurimisel kasutatav õhk, kihtides leiduv vesi ja puurmed liikuma mitte läbi juhttoru üles maapinnale, nagu tehnoloogia eeldab, vaid juhttoru väliskülge pidi laiali ümbritsevasse setetesse ja pinnasesse. Selle tagajärjeks oli kontrollimatu erosioon, mille tõttu tekkisid pinnasesse tühimikud ja puurimiskeskkond destabiliseerus. Tulemusena ei õnnestunud hoida puurimisprotsessi kontrolli all – õhk ja puurmed ei jõudnud enam pinnale, vaid kadusid maapinnas paiknevatesse kihtidesse. Sellises olukorras muutus tsementeerimine tehniliselt võimatuks, kuna puudus igasugune kindlus, et tsement jõuab vajalikesse tsoonidesse ega kao pinnasesse. Puurimine katkestati ning tunnistati meetodi sobimatust antud geoloogilistes tingimustes. Puurkaev rajati hiljem kasutades klassikalist meetodit, mille käigus:

1. rajati esmalt nõuetekohane puurauk kasutades juhttoru,
2. paigaldati juhttorusse manteltoru, mis tsementeeriti nõuetele vastavalt kogu pikkuses,
3. seejärel puuriti lahti puurkaevu töötav osa karbonaatkivimites.

Lisaks eeltoodud juhtumile on Eesti Geoloogiateenistus saanud mitmeid kaebusi eraisikutelt, kelle kahtluse kohaselt võib ülemiste kihtide vesi sattuda puurkaevu ebakorrektselt tsementeerimise tõttu. Kuna igasugune lisauuring läheb kaevuomanikele lisaks maksma, siis jäävadki need pöördumised ainult telefonikõnedeks. Kuid 2024. aastal käis EGT kohapeal uurimas kahte sellist juhtumit, kus tellijad olid väljendanud muret puurkaevude võimaliku lekkekanalina toimimise pärast.

Mõlemal juhul soovitasime manteltoru ülemine osa avada, kaevates toru ümbruse lahti mõne meetri sügavuseni, et visuaalselt hinnata, kas tsement on tsementeerimise käigus toru ümbrusesse ühtlaselt ja katkematult jõudnud.

Esimene juhtum (Foto 1) leidis aset alal, kus pinnakatteks olid liivad. Nagu oletada võis, ei olnud toru ümbrus tsementeeritud, kuna liivad ei hoiu puurimise ajal augu seina stabiilsena ning tagasivajuvad setted sulgevad kiirelt manteltoru ümbruse. Sellises keskkonnas on tsementeerimise protsess ettearvamatu, sest tsement ei pruugi jõuda kogu vajaliku ulatuseni.

Teine juhtum (Foto 2) toimus piirkonnas, kus puurkaev paiknes liivsavi moreeni leviku alal. Antud pinnas suudab üldjuhul puurauku seinu ajutiselt stabiliseerida, mis oli kinnitust leidnud ka visuaalsel vaatlusel manteltoru ümbruse lahtikaevamisel. Umbes 145 cm sügavusel, puhastatud vaatlusalas, tuvastasime, et manteltoru oli pinnasega vahetus kontaktis ühel küljel, samal ajal kui teisel küljel oli näha ettepuuritud augu tühemikku, mis ei olnud tsementi täis. Tegemist oli selge näitega selektiivsest tsementeerimise protsessist.

Teine juhtum on eriti kõnekas, kuna näitab olukorda, kus puurauk ei ole sirge ja selle sein on ebaühtlane. Sellisel juhul ei paikne manteltoru puuraugu keskmes, mistõttu tekivad toru ümber ebasümmeetrilised tühimikud. Tsemendi pumpamisel võivad seejärel kujuneda eelistatud vooluteed, mille kaudu tsement liigub väikseima takistusega suunas, jättes ülejäänud osad täitmata. Oluline on mõista, et maapinnalt vaadates võib tsement näiliselt paista ühtlaselt ja korralikult jaotununa, kuid juba mõne meetri sügavusel ei saa selles enam kindel olla.

Need juhtumid kinnitavad, et visuaalselt korrektne tsementatsioon kaevu suudmes ei tähenda automaatselt konstruktsiooni täielikku veepidavust, eriti kui toru ei paikne geomeetriliselt õigesti puuraugu suhtes või kui pinnas on selline, mis ei võimalda tsementi ühtlaselt jaotada. Seetõttu tuleb puurkaevu konstruktsioonide paigaldamise ja tsementeerimise puhul pöörata tähelepanu kogu konstruktsiooni sügavusulatuses toimuvale, mitte üksnes pinnalt vaadeldavale tulemusele.



Foto 1. Lahtikaevatud puurkaevu manteltoru ümbrus liivases pinnases



Foto 2. Lahtikaevatud puurkaevu manteltoru ümbrus liivsavi moreenis

### Kokkuvõte

**Eesti Geoloogiateenistuse (EGT) hinnangul ei ole CAS-tüüpi puurimissüsteemide (sh NOVA-meetodi) kasutamine puurkaevude rajamisel lubatav juhul, kui puurimisel kasutatav juhttoru jäetakse hiljem manteltoruna maa sisse.**

Põhjuseks on asjaolu, et sellisel viisil puurides ei ole võimalik tagada nõuetekohase tsementeerimise objektiivset kontrollitavust ning seeläbi ka puurkaevu konstruktsiooni veepidavust ja põhjaveekihtide isoleeritust, nagu seda nõuab keskkonnaministri määrus nr 43 (§ 9 lg 1 p 1 ja 3).

Peamised argumendid selle seisukoha toetuseks:

1. Tsementeerimise kvaliteedi objektiivne kontroll puudub – CAS-tehnoloogia olemus piirab manteltoru ümbrusesse jäävat ruumi, mistõttu ei pruugi tsement ulatuda ühtlaselt ja katkematult toru ümber. Selle tagajärjeks on lekekanalite või vooluteede teke, mis ohustavad põhjaveekihtide kaitstust.
2. Eestis valitsevad keerulised geoloogilised tingimused – pudedad ja ebaühtlased setted takistavad katkematut tsementeerimist. EGT praktilised vaatlused on näidanud, et tsement ei kata manteltoru ümbrust kogu ulatuses, mis on eriti ohtlik põhjavee kaitse seisukohalt.
3. Puurimisel tekkivad tühimikud ja erosioon – NOVA-meetodi kasutamisel täheldati pinnases kontrollimatut erosiooni ja puurimiskeskonna destabiliseerumist, mille tulemusena õhk ja

puurmed jäid maa alla. See muutis tsementeerimise tehniliselt võimatuks ning puurimine lõpetati teise tehnoloogiaga.

4. Vastavus ainult formaalsetele mõõdupiiridele ei ole piisav – isegi kui manteltoru ja puuraugu diameetrite erinevus vastab määruse miinimumnõudele ( $\geq 50$  mm), ei taga see automaatselt, et tsement jaotub piisavalt ja on katkematu ning välistades seeläbi lekkeohu.
5. Rahvusvaheline praktika toetab nõuetekohase tsementeerimistühemiku vajalikkust – ELi standardid ja näiteks Saksamaa ja Kanada praktika nõuavad vähemalt 50 mm radiaalset vahet, mis võimaldab piisavat tsementeerimist. CAS-tehnoloogia puhul seda enamasti ei saavutata.

**Lubataav erand:**

CAS-tehnoloogia kasutamine võib olla lubataav üksnes juhul, kui:

- juhttoru eemaldatakse pärast puurimist ja
- manteltoru lisatakse eraldi juhttoru sisse ja
- tagatakse piisav tsementeerimisruum ( $\geq 50$  mm) kogu manteltoru ulatuses.

Sellisel juhul kasutatakse CAS-süsteemi puuraugu rajamise etapil ning mitte kui lõpliku manteltoru paigalduse meetodit.

Lugupidamisega

(allkirjastatud digitaalselt)

Jaak Jürgenson  
asedirektor direktori ülesannetes

Andres Marandi  
Andres.Marandi@egt.ee