

GEORADARI VÕIMALUSTEST ARHEOLOOGILISE KULTURKIHI UURIMISEL PÄRNU JA TARTU NÄITEL

Rünno VISSAK^a, Aldur VUNK^b

^a Tartu Linnamuseum. Oru 2, EE-2400 Tartu, Eesti; e-post rynno@oru.tartu.ee

^b Pärnu Linnavalitsuse Ehitusjärelvalve Amet. Uus 5, EE-3600 Pärnu; e-post aldur@lv.parnu.ee

Esitanud Ü. Tamla

Toimetusse saabunud 10. aprillil 1996, avaldamisele lubatud 22. mail 1996

Artiklis kirjeldatavad geofüüsikalisel ja arheoloogilisel meetodil põhinevad uuringud olid laiemalt tingitud autorite huvist Eesti arheoloogias seni kasutamist mitteleidnud georadari kui praktilistel eesmärkidel laialdaselt rakendatava vahendi sobivuse vastu linnaarheoloogilises situatsioonis. Tööd olid ajendatud ka vajadusest kindlaks teha Pärnu eeslinnade üsnagi ulatuslikul alal eeldatavalt säilinud kultuurkihiga piirkonnad ning kultuurkihi intensiivsus ja paksus olulistest lõikudes. Tulemustest lähtudes võib osutada vajalikuks neil aladel toimuvate mullatööde puhul kehtestada erinõuded arheoloogilisteks uuringuteks või järelvalveks. Tartus kavandati uuringud eeldatavalt eriilmelise kultuurkihiga piirkondades – all-linna ja Toomemäe alal –, mis pakkusid seoses varasemate kaevamistega pidepunkte järgnevaks radarmõõtmise tulemuste analüüsiks. Samuti tehti radaruuring planeeritud päästekaevamiste alal Poe tänava trassi kohal, et välja selgitada, kui võrd saadavate mõõtmistulemuste põhjal tehtud prognoosid ja hilisemate arheoloogiliste kaevamiste resultaadid on vastavuses.

Pärnus ja Tartus 1995. aasta 22.–24. maini teostatud linnaarheoloogiliste uuringute läbiviijad ja vastava programmi koostajad olid artikli autorid, tööde teostamiseks vajalik raha laekus Riigi Muinsuskaitseametilt ja Tartu Linnamuseumi linnaarheoloogia ja ehitusajaloo uurimise grupilt. Töid tegid Geophysical Survey Systems Inc. (GSSI) esindajad Põhjamaades Leevi Koponen ja Risto Pollari (Geo-Work OY). Eesti geoloogidest osales programmis geoloogiadoktor Kaarel Orviku. Kõik nimetatud osutasid autoritele abi kirjeldatava meetodikaga tutvumisel ja tulemuste interpreteerimisel. Mõõtmisaparatuurina kasutati GSSI poolt väljatöötatud georadarit SIR-System 2 koos 500 MHz antenniga.

Mitmesuguste füüsikaliste ja arheomeetriliste meetodite kasutamine seoses arheoloogiliste uurimistöödega on praktika, mis on arheoloogide poolt paaril viimasel aastakümnel üsna ulatuslikku rakendust leidnud ja arenenud koos vastava aparatuuri täiustumisega. Enamkasutatud geofüüsikalistest meetoditest olgu näiteks nimetatud pinnase takistuse ja muude omaduste määramine sondpuuride abil, pinnase elektrijuhtivuse mõõtmine ja magnetomeetrilised uurimismeetodid, samuti pinnase temperatuurikõikumiste võrdlusel põhinevad viisid. Juba 1956. aastal kasutati Eestis arheoloog Vilma Trummali juhendatud plaaniliste väliuuringute ettevalmistamisel Tartu linnusel celluuret magnetomeetri, elektrometri ja gravimeetriga. Järgnevate kaevamiste aruandes on märgitud, et mõningase kõrvalekaldega näitasid saadud andmed müüride (kivide massi) piirkonda maapinnas (Trummal, 1956, lk. 1).

Maapinnas peituvate kivimassiivide mõõdistamiseks raadiolainete abil konstrueeriti 1920. aastate lõpul georadar, kuid esimesed arvestatavad mõõtmistulemused saadi alles 30 aastat hiljem. Rakenduslik edu saavutati 1960. aastatel Gröönimaa jääkilbi geoloogilisel uurimisel, samuti kaablite ja torude lokaliseerimisel sama aastakümne lõpul. 1980. aastate keskel oli georadarite täiustamisel jõutud tasemeni, kus neid oli võimalik kasutada ka arheoloogias, eelkõige muistsete rajatiste väljaselgitamisel raskesti ligipääsetavates kohtades, nagu soos, rabas, sügavale liiva alla mattunud või merepõhja jäänud aladel jm. Georadariga on õnnestunud välja selgitada kunagiste asulate paiknemist, veerennide ja kanalite kulgemist, samuti otsustada mitmesuguste küngaste loodusliku või tehniliku päritolu üle. Juba 10 aastat tagasi sai selgeks, et maapinnakihtide elektrilise takistuse mõõtmine ja (tookordse 120 MHz antenniga) georadari rakendamine on arheoloogilise uurimise juures suure potentsiaaliga ning annab usaldusväärseid tulemusi (Imai jt., 1987, lk. 137). Probleemiks on olnud andmete tõlgendamine ja töötlemine. Leidenis 1995. aastal toimunud järjekordsel konverentsil "Interfacing the Past. Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology" oli kaks ettekannet täielikult või osaliselt pühendatud georadariga saadud informatsiooni töötlemisele. Peter L. Main Briti Muuseumi teadusuuringute osakonnast väljendas seal üsna tabavalt põhiprobleemi arheomeetrilise andmestiku puhul: säärane informatsioon saab olla vaid väga spetsiifiline ning eraldi võetuna kvantitatiivne, mitmetähenduslik ja töötlemata kujul raskesti interpreteeritav (CAA 95). Graafilise informatsiooni töötlemine eeldab selle tähenduse ja usaldatavuse väljaselgitamist juba mõõdistamise juures.

Siinkirjutajad otsustasid katsetada käsitletava meetodi sobivust Eesti tingimustes just linnaarheoloogias. Pärnus seati eesmärgiks säilinud keskaegse kultuurkihi piirkondade väljaselgitamine ja ladestuste eripära määramine. Sealjuures on uurimisprogrammis rakendatud mitmeid meetodeid. Nii on Pärnu Suur-Jõe linnaosas alustatud aasta varem rajatud arheoloogiliste šurfide kaudu tuttavate pinnasekihtide jälgimisega radariprofiilidel, kusjuures radariantenni veeti nii käsitsi (ruudustikud) kui ka auto ette kinnitatuna (pikad sihid). Vana-Pärnus on salvestatud radariprofiile selgitatud šurfide, proovikaevandite ja puuraugu rajamise tulemuste abil. Pärnu pinnas oma suhteliselt ühtlase takistusega osutus radarmõõtmiste puhul soodsaks (Aruanne, 1995, lk. 3). Georadari rakendamisega Pärnu ja Tartu teadaolevalt erineva iseloomuga kultuurkihi ladestuste uurimisel prooviti leida selle meetodi optimaalne rakendusala, eeldades, et teatud situatsioonides võib mõõtmiste efektiivsus olla vähene. Seda näiteks Tartu kesklinna alal, kus varasema uus- ja keskaegse hoonestuse maapinnas säilinud müürid on sageli kaetud ja ümbritsetud paksu tellisrusu ning tiheda rususeguse täitekihiga.

Kasutatud georadari tööprintsip on lühidalt järgmine: radari saateantenn väljastab raadiosagedusalal 100–1000 MHz lühiajalisi elektromagnetilisi impulsse, mis uuritavas keskkonnas, vaadeldud juhul pinnases ja kultuurkihis, dielektrilistelt omadustelt erinevate kihtide või objektideni jõudes osaliselt tagasi peegelduvad. Vastuvõtuantenniga mõõdetakse tagasipeegeldunud laine väljasaatmishetkest vastuvõtuhetkeni kulunud aeg ja tagasipeegelduse intensiivsus. Nimetatud aeg kajastub hiljem mõõtmistulemusi esitaval lindil vertikaalmõõdus. Radari liikudes korratakse kogu protsessi pidevalt. Tulemused fikseeritakse intensiivsuse alusel; mõõtmise ajal joonistub ekraanile graafiline kujutis, hiljem aga trükitakse paberlindile ühe mõõteraja osas katkematu profiil. Välja joonistuvad erineva tiheduse või niiskustasemega kihid, millest moodustunud horisontaalsel teljel kulgevast struktuuris võib esineda katkestusi¹. Tugeva tagasipeegeldusega (ja seeläbi taustana haaratavas struktuuris) värvikontrastina silmatorkavate piirkondade puhul võib suure tõenäosusega oletada müüride, niiskemate alade, varasemate sissekaevete jmt. olemasolu. Radari kasutamisel on

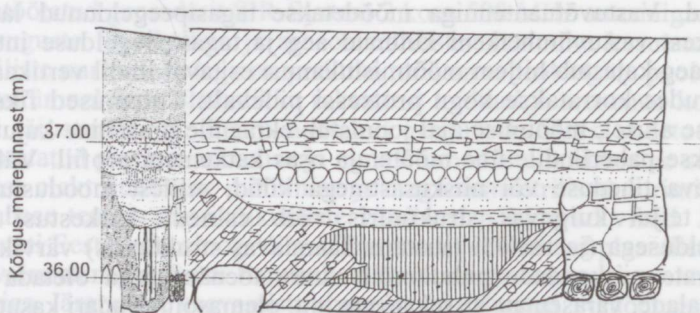
¹ Georadari tööprintsipi ja tulemuste interpreteerimise üksikasjalikum käsitlus vt. GPR 1992.

õhukeste kihtide eraldamise võime ja mõõtmisügavus vastastikku pöördvõrdelises sõltuvuses. 3,5–5 m sügavusel on 500 MHz antenni puhul kihtide eraldamisvõime hea. Et antenni loodimisnurk on ligikaudu 45°, siis registreerib antenn mõõterajal asuvad tagasipeegeldavad esemed enne ja pärast nende tõelist asukohta. Nii moonduv kujutis märgatavalt, sest see muutub mõõtmel suuremaks ja selle piirjooned ümarduvad.

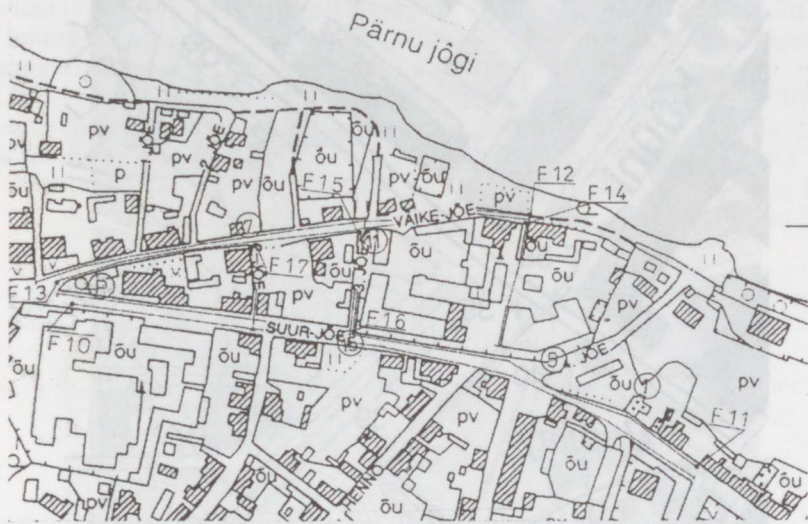
Suurem osa mõõtmisi tehti maasturi ette kinnitatud, väiksem osa käsitsi veetud radariantenniga. Radari põhikomplekt asus maasturil, mis liikus mõõtmise ajal kiirusega 5 km tunnis. Radari antenn oli kinnitatud auto ette paigutatud kandurile, 10–15 cm kõrgusele maapinnast. Iga kümne või kahekümne meetri järel on lindil vastav tähis, lisaks sellele kasutati iga 10–30 m järel ka linnasituatsioonis fikseeritavaid kinnispunkte. Käsitsi veetud antenniga mõõtmisel kasutati mitmel puhul üksteisega risti asetsevaid kuni 5-meetrise vahega mõõteradasid. Radari fikseeritud erinevad pinnaseladestused olid üheaegselt antenni liikumisega mõõterajal jälgitavad värvilise kujutisega kuvaril. Kuna graafiline tulemus salvestati arvutis, oli vastavat kujutist ekraanil võimalik korrata ka pärast mõõtmiste lõppu. Radariprofiilide digitaalmõõdistused säilivad töötlemata kujul Geo-Work OY arhiivis (Heinapellontie 25, 00700 Helsinki, Finland) ja nendele viitamiseks on tekstis edaspidi kasutatud mõõteradade salvestiste (*File*) numbreid. Tänavapooltel erisuunalistena salvestatud pinnaselõiked pöörati arvutis n.-õ. ühtpidi, et neid oleks hiljem võimalik tulemuslikumalt võrrelda. Pärast mõõtmisi paberlindile väljatrükitud pinnaseprofiilide vaatlemisel asetati lindid üksteise kõrvale nii, et fikseeritud kinnispunktid ja ristisuunas ületatud sarnase suuruse, sügavuse ja iseloomuga tumedamad kujutised (võimalikud müürid, trassid jmt.) jääksid kohakuti. Kui paberlindile trükitud radariprofiili mõõtkava vertikaalselt on 500 MHz antenni puhul küllalt lähedane linnaarheoloogias levinud 1 : 20 mõõtkavale, siis horisontaalteljel on radari abil joonistuv kujutis tehnilistest teguritest mõjutatuna harjumatult kokku pressitud. Näitena on joonisel 1 Tartu Poe tänava kaevamistel ülesmõõdetud profiil esitatud nn. arheoloogilisel ja nn. geoloogilisel kujul.

Radari mõõterajad Pärnus paiknesid kolmes piirkonnas: 1) Suur-Jõe (joon. 2); 2) Vana-Pärnu (joon. 3) ja 3) Rääma. Põhitähelepanu keskendus Vana-Pärnu ulatuslikule ja varem vähe uuritud alale. Radade kogupikkused olid vastavalt 2242, 4210 ja 100 meetrit.

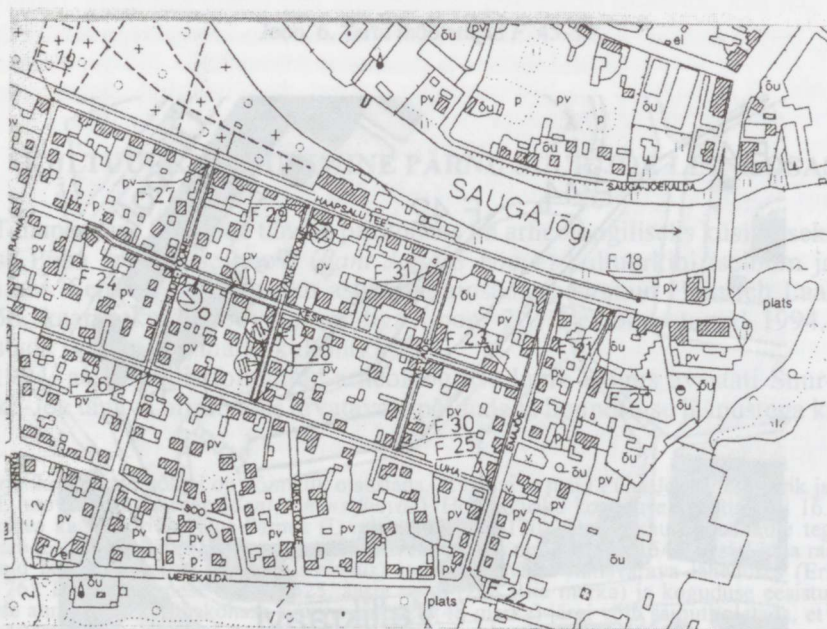
Tartus tehti mõõtmisi 1700 meetril, hõlmatud olid järgmised viis piirkonda: 1) keskaegse linnaterritooriumi lõunaosas asuvad Poe tänav (kaks mõõterada – 35 ja 36) ja Barclay plats (neli mõõterada – 37–40; joon. 4); 2) Toomemäe lõunaplatoo kaguneemik (mõõterajad 41–44; joon. 5); 3) Toomemäe lõunaplatoo keskaegse eellinnuse ala (mõõterajad 45–47; joon. 6); 4) Toomkiriku põhjaseinaga piirnev ala (mõõterajad 48 ja 49; joon. 6) ja 5) Toomemäe põhjaplatoo põhjanõlv (mõõterajad 50–55; joon. 6).



Joon. 1. Tartu Poe tänava arheoloogiline profiil (paremal) ja selle horisontaalis 17,5 korda kokku surutud variant illustreerivad ühte võimalikku raskust radariprofiili interpreteerimisel.



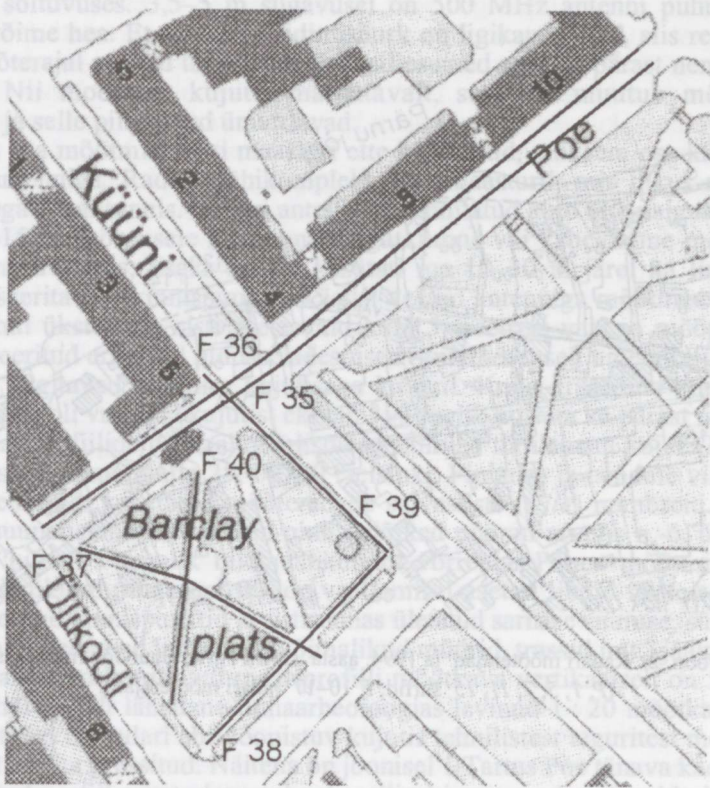
Joon. 2. Radari mõõterajad ja 1994. aasta šurfid Pärnu Suur-Jõe linnaosas (P, I, 5, 7, II, 15 šurfid; F 10–17 radari mõõterajad).



Joon. 3. Radari mõõterajad ja šurfid Vana-Pärnus (I, II, III, V, VI, VII šurfid ja proovikaevandid; F 18–31 radari mõõterajad).

õhukeste kihtide eraldamis võime ja mõõtmisügavus vastastikku pöörd-
võrdelises sõltuvuses. 2,55 m kõrgusel on 300 MHz sagedusel putud kihtide
eraldamisvõime hõlmama 100 m kõrgusel registreerib
antenni mõõtesuuna. Mõõtesuuna suurus sõltub anteni tõelist
asukohta. Mõõtesuuna suurus sõltub anteni mõõtmisel

Suurem
tud radaris
ajal kiiruse
durile, 10-
on lindil v
sioonis fik
mitmel pu
Radari fik
mõõterajad
vestiati ar
lõppu. Res
OY arhiiv
on tekstin
pooltel eri
neid olek
lindile v
nii, et fik
iseloomu
kutu. Kol
antenni pu
horizonta
harjumata
üleilmõnde



Joon. 4. Tartu mõõterajad F 35–40.

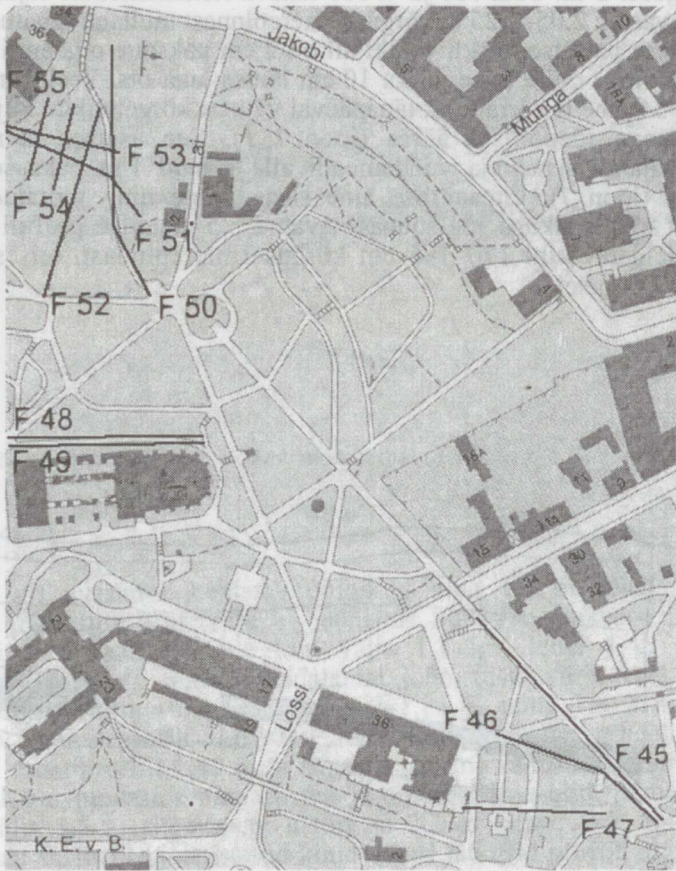
Radari mõõterajad Pärnu ja Tartus on järgmised: 1) Suur-Jõe (joon. 2);
2) Vana-Pärnu (joon. 3) ja 3) Kesklinna (joon. 4) ja 4) Kesklinna ja Kesklinna
tusslikule ja varem vähe üritatud alale. Radare kogupikkused olid vastavalt 2242,
4210 ja 100 meetrit.

Tartu mõõtesuuna on järgmine: 1) Kesklinna (joon. 4) ja 2) Kesklinna
1) keskaeg
35 ja 36)
platoos ka
aegse uol
piirnev t
(mõõteraj



Joon. 5. Tartu mõõterajad F 41–44.

õhukeste kihtide eraldamis võime ja mõõtmisügavus vastastikku pöörd-
võrdelises sõltuvuses. 2,55 m kõrgusel on 300 MHz sagedusel putud kihtide
eraldamisvõime hõlmama 100 m kõrgusel registreerib
antenni mõõtesuuna. Mõõtesuuna suurus sõltub anteni tõelist
asukohta. Mõõtesuuna suurus sõltub anteni mõõtmisel



Joon. 6. Tartu mõõterajad F 45–55.

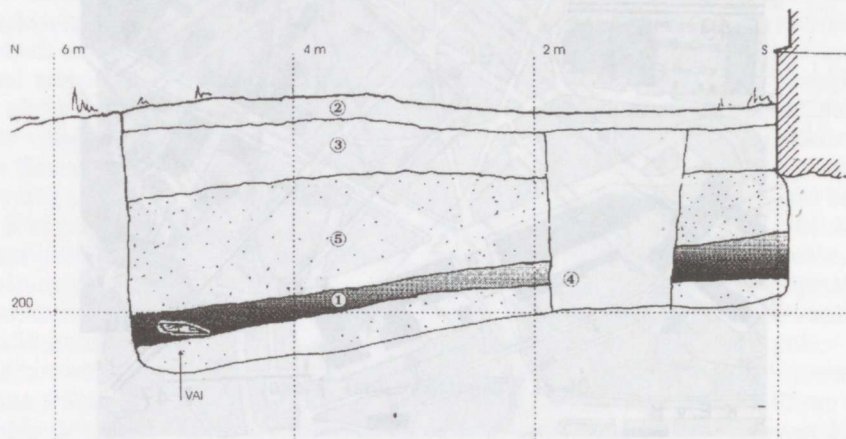
KULTUURKIHI UURIMINE PÄRNU SUUR-JÕE LINNAOSAS

Tänapäevase Suur-Jõe tänava piirkonnas on arheoloogiliseks küsimuseks kesk-aegse Püha Johannese hoovi (*βant Johans hoeve*) kultuurkihi iseloom ja paiknemine². Seni on hoovi kiriku asukohta ainsana määranud Heinrich Laakmann (1956, kaart), kuid proovikaevandiga (joon. 2, P) ei õnnestunud 1994. aastal avastada seal mingit märki kultuurkihist.

1994. aasta juulis toimunud arheoloogilise luure käigus avastati Suur-Jõe ja Väike-Jõe tänava piirkonnas arvatavate põldude ja hoonestuse jäänustega kultuur-

² Kirjalike allikate põhjal on võimalik otsustada, et hoovis asusid Püha Johannese kirik ja elumajad, hoovil oli oma sepp (*βant Johans βmyde*). Hoovi kiriku koguduse eesistuja oli 16. sajandi alguses ka raehärraks Uus-Pärnus (Lynthem, lk. 168–170). Hoovi kaubanduslikule tegevusele viitab teade Uus-Pärnu pärusraamatus: Püha Johannese nime kandis 1543. aastal juba raele kuulunud laohoone (*sanct Johanss steinhus*) sadamasse viiva linnavärava läheduses (Erffboeck, lk. 76). Püha Johannese hoovi 1525. aasta rendi (208 Riia marka) ja koguduse eesistuja poolt raele annetatava kombekohase summa suuruse (48 marka) järgi võib samuti oletada, et tegu oli arvestatava linnalähedase asumiga. Selle juurde kuulus ka talupoeg (*Thomas in Sanct Johans houe*), kes oma ilmselt suure põllumaa pealt keskmisest viis korda kõrgemat renti (6 marka) maksis (Erffboeck, lk. 30). Pärast Liivi sõda ei ole Püha Johannese hoovist enam teateid ja selle mahajätmisest annab tunnistust samanimelise mitesaksa kiriku ehitamine Uus-Pärnu kirdenurka 1593–1609.

kihi horisont. See paiknes u. 1,5 m sügavusel tänapäevasest maapinnast, absoluutkõrgusel 2 m. Suur-Jõe ja 4. Jõe tänava ristumiskohale rajatud šurfis 5 (joon. 2, 5) avastati 2,05–2,25 m kõrgusel merepinnast mullaga segatud liiva kiht. Selle all, 23 cm paksuse tuiskliivakihi all oli 2 cm paksune orgaanilise ainesega segatud liiva viirg, mille sisse jäi ka 10 cm laiuse laua ots. Veelgi intensiivsem kiht avastati 54 meetri võrra idas, tänapäeval väikest kõrgendikku kujutaval alal Suur-Jõe tänava jõepoolses ääres (joon. 2, 1). See asetses murukamaraga kaetud 19. sajandi sepamaja vundamendi alla jäänud 1 m paksuse tuiskliiva ladestuse all (joon. 7). Orgaanilise aine rikas laaste ning teritatud vaiotsa³ sisaldav kiht oli kallakuga jõe suunas. Avatud 5,5-meetrise profiili jõepoolses otsas oli kirjeldatav kiht 170–196 cm kõrgusel merepinnast, teises otsas aga 231–273 cm kõrgusel.

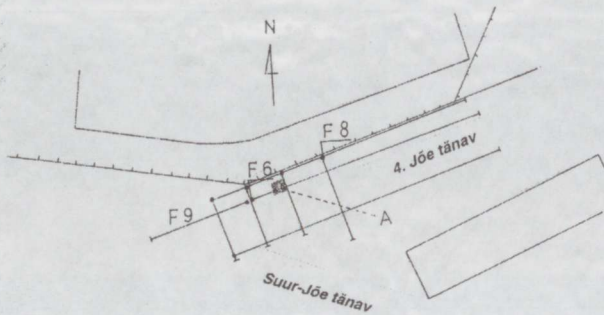


Joon. 7. Šurfi 1 profiil (1 arvatav põllukiht, 2 kasvupinnas, 3 huumusega segatud liivakiht, 4 kanalisatsioonitoru ja sissekaeve, 5 liivakiht).

Kahes viimati viidatud šurfis oli ilmselt tegu aia- või põllukihtide lõiguga, nende ja šurfis 7 fikseeritud liivale rajatud hoone jäänuste vahele jääval alal avastati eelnevatest 0,5 m madalamale jäänud kiht (joon. 2, 11). See oli suhteliselt vähema orgaanilise ainega ja enama liivaga segatud ning paiknes 12–20 cm paksusena 1,5 m kõrgusel merepinnast. 2,3 m pikkuselt avatud ida-lääne-suunalisel pinnaseprofiilil oli näha, et kõnealune ladestus mõnevõrra kasvas lääne suunas, kus alumine liivapind 10 cm võrra langes. Kõik kirjeldatud šurfid olid rajatud tänapäevase 3,5 m samakõrgusjoone kulgemise lähedusse. Sellest kaugemal põhja või lõuna suunas ei õnnestunud peale õhukeste turbaste viirgude liivast midagi eristada.

22. mail 1995 alustati Suur-Jõe linnaosas pinnase uurimist georadariga. Mõõtmisel veeti antenni maapinnal tähistatud jooni mööda käsitsi (185 m) ja iga 5 m tähise kohal sisestati 3,4 m sügavuse profiili kujutisele vertikaaltähis. Uuriti šurfide 5 ja 11 vahele 3,5 m samakõrgusjoonele jäävat ala (seal ei olnud tehniliselt võimalik šurfe rajada) ja šurfi 5 ümbrust (joon. 8), kus maapinnast 1,1–1,3 m

³ Sõestatud vaiiosa radiomeetriline (¹⁴C) dateering (A. Liiva, Ta 2546) andis puu vanuseks ajavahemiku 1626–1706 (cal. AD).



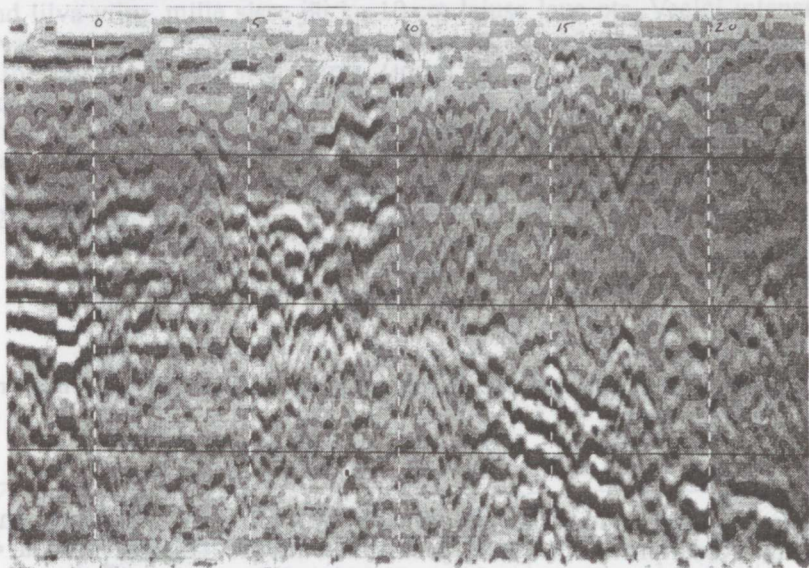
Joon. 8. Mõõterajad Suur-Jõe ja 4. Jõe tänava nurgal (A šurf 5; F 6, 8, 9 radari mõõterajad).

sügavuses oli avastatud eeldatav põllukiht ning 1,5 m sügavuses nn. üleujutuskiht. Radariprofiilil (File 6) joonistus Suur-Jõe tänavast mööda 4. Jõe tänavat kirde suunas esimene kiht välja 1,1–1,3, teine 1,45 m sügavusel maapinnast⁴ (joon. 9). Sellest madalamal joonistusid välja veel kaks viirgu, esimene lookles kõrguste vahemikus 1,7–1,85 ja teine 1,8–2 m maapinnast. Kirjeldatav pinnaseprofiil salvestati 1994. aastal rajatud arheoloogilise šurfi (laius piki radariprofiili 1,45 m ja sügavus 1,6 m) vahetus läheduses. Täidetud šurfi kohal, kus pinnase senine tihedus ja niiskusrežiim olid rikutud, joonistuski profiilil välja 1,5 m sügavuseni ulatuv ja 2,2 m laiune laik, milles olid läbi lõigatud just šurfis ülesjoonistatud kihid. Need jätkusid profiili algusest kuni 12 meetrini, alumised viirud aga langevatena profiili 30 meetrini, kus nad kadusid radari 3,4-meetriseks seatud mõõtepiirkonnast sügavamale. Samal ajal oli maapind profiili alguses merepinnast 1 m võrra kõrgemal kui profiili 30 meetri tähise kohal. Kihtide järsk langus radariprofiilil on täheldatav ka ida suunas. Tuleb arvata, et kirjeldatud viirud tähistasid kunagist jõekallast. Tänapäeval asub veepiir 90 m eemal. Kuuendal mõõterajal salvestatud šurfi 5 tegelikest ja radariprofiilil nähtavatest mõõtmetest võib tuletada ka kihikatkestuse horisontaalmoonutuse suuruse (+20–25%). Sellega peab ladestuste interpreteerimisel arvestama.

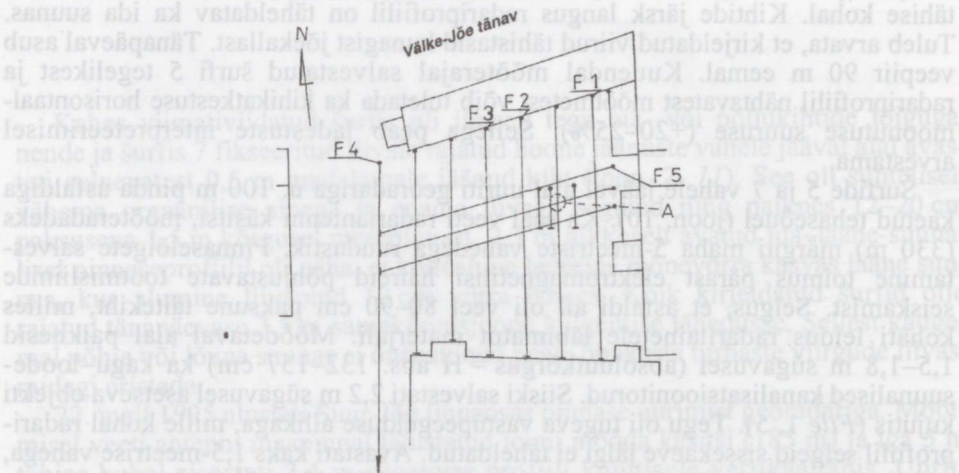
Šurfide 5 ja 7 vahele jääval alal uuriti georadariga u. 100 m pinda asfaldiga kaetud tehaseõuel (joon. 10). Ka seal veeti radariantenni käsitsi, mõõteradadeks (330 m) märgiti maha 5-meetriste vahedega ruudustik. Pinnaselõigete salvestamine toimus pärast elektromagnetilisi häireid põhjustavate tootmisliinide seiskamist. Selgus, et asfaldi all oli veel 80–90 cm paksune täitekiht, milles kohati leidis radarilainetele läbimatut materjali. Mõõdetaval alal paiknesid 1,5–1,8 m sügavusel (absoluutkõrgus = H abs. 132–157 cm) ka kagu-loode-suunalised kanalisatsioonitorud. Siiski salvestati 2,2 m sügavusel asetseva objekti kujutis (File 1, 5). Tegu oli tugeva vastupeegelduse allikaga, mille kohal radariprofiilil selgeid sissekaeve jälgi ei täheldatud. Avastati kaks 1,5-meetrise vahega, paralleelset, põhja-lõuna suunda orienteeritud kivide või (märgade) vaiade rida. Radari mõõterajad olid orienteeritud 7° võrra põhjast kirdesse ja read olid

⁴ Georadar fikseerib sügavusmõõtsid sisestatud pinnasetakistuse põhjal ja selle õige määramine on mõõtmiste juures esmatähtis.

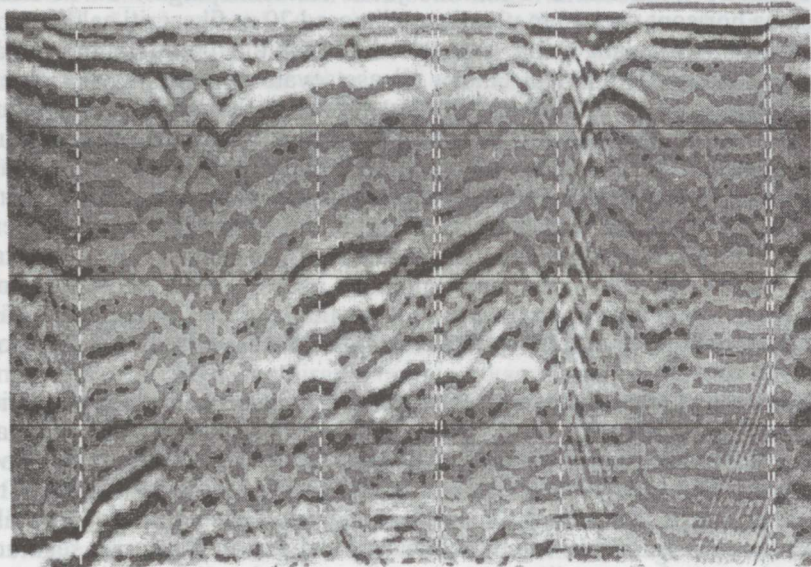
kihi horisont. See paiknes u. 1,5 m sügavusel tänapäevasest maapinnast, absoluutkõrgusel 2 m. Suur-Jõe ja 4. Jõe tänava ristumiskohale rajatud kurfis 5 (joon. 2, 5) avastati 2,05–2,25 m kõrgusel merepinnast mullaga segatud liiva kiht. Selle all, 23 cm paksuse tuiskliivakihi all oli 2 cm paksune orgaanilise ainesega segatud



Joon. 9. Radariprofiil (File 6).



Joon. 10. Mõõterajad tehaseõuel (A avastatud objekt, F 1–5 radari mõõterajad).



Joon. 11. Radariprofiil (File 16).

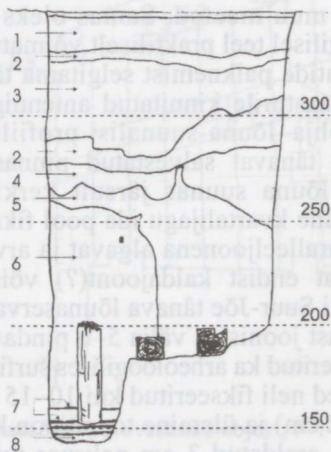
jälgitavad 2 m ulatuses (see on nende minimaalne pikkus). Mõlemas reas fikseeriti kolm kivi või vaia u. 1 m vahedega lääne pool ja 0,5–1,5 m vahedega ida pool. Avastatud objekti paiknemine nii sügaval, s.o. 1 m kõrgusel merepinnast, viitab võimalikule randumissillale, kuid kaldaprofiili või muud silla versiooni kinnitavat ei leitud. Ilmakaarte orienteeritus ja korrapära rajatise konstruksioonis jätab interpretatsioonihüpoteesina kõlama veel kultushoone kandmiku, kuid selle kohta siinkohal otsust langetada on ennatlik. Et radari andmed jätavad alati suure tõlgendusruumi, on kõige ohtlikumaks peetud just "üleinterpreteerimist" (Bradley, Fletcher, 1995a, lk. 2–3). On selgesti näha, et georadariga võib ka rasketes oludes avastada ilmselt inimkäte loodut, kuid selguse peab tooma mõni muu meetod. Samas oleks selliste objektide eelnev lokaliseerimine arheoloogilisel teel praktiliselt võimatu.

23. mail 1995 asuti kihtide paiknemist selgitama tänavate alla jääva pinnase läbilõigete uurimisega. Maasturile kinnitatud antenniga mõõdeti neli ida-lääne-suunalist ja neli põhja-lõuna-suunalist profiili kogupikkusega 1727 m (joon. 2). Mõõda 3. Jõe tänavat salvestatud pinnaselõiked andsid mõlemas tänavaservas ühesuguse lõuna suunas järsult kerkiva tugeva pinnasejoone (File 15, 16), mis oli sarnane kvartalijagu ida pool fikseerituga. 125 m kaugusel tänapäevasest veepiirist paralleeljoonena algavat ja arvataval perval horisontaalseteks kihtideks jagunevat endist kaldajoont(?) võis jälgida jätkumas 40 m pikkuselt, mõõteraja lõpuni Suur-Jõe tänav lõunaservas (joon. 11). 1,15 m sügavusel praegusest maapinnast joonistus välja 5–6 pinda/kihti veel 85 cm ulatuses. Niisama palju oli neid fikseeritud ka arheoloogilises šurfis 1994. aastal (joon. 2, 15). Šurfi järgi on neist alumised neli fikseeritud kui 10–15 cm liivakihtide piirjooned (H abs. 199, 215, 226, 242 cm) ja ülemine topeltjoon kui kaks 1–1,5 cm paksust orgaanikasegust liivakihti, eraldatud 3 cm paksuse puhtama liivakihi. Samasugused jooned joonistusid sellel kõrgusel välja ka ida-lääne-suunalisel profiilil

Suur-Jõe tänava põhjaservas (*File* 11). 30 m (3. Jõe tänavast lääne pool langevana 25 m ja ida pool katkevana 5 m) ulatuses oli radariprofiilil nähtav eeldatavalt kunagise maapinna 5–6-kihiline joon. Katkemispaigast 80 m kaugusel jätkus sama horisont veel 40 m ulatuses. Viimased 20 m fikseeriti eeldatav pinnajoon kahekihilise ja langevana, sarnaselt ülalmainitud põhja-lõuna-suunalistel profiilidel nähtuga. Hoolimata tänava all asetsevate kommunikatsioonide rajamisel kohati segipööratud pinnasekihtidest joonistus Suur-Jõe tänava radariprofiilil välja ida-lääne suunas 150 m pikkuselt jälgitav kõrgendik, mille pindmised kihid jäid samale kõrgusele varemavastatud kultuurikihi jäänustega. Kuna selle läänepoolses servas lõppes radariprofiil 85 cm ja idapoolses 50 cm kõrgusel merepinnast, ei saa veel otsustada nemiku võimalikkuse üle. Kogu kõrgendiku ainuke eeldatav põllukiht avastati selle kirdenurgast (šurf 5) ja see on taimejäänuste suhtes veel läbi uurimata. Võimalike ehitiste kohta sellel kõrgendikul kindlad andmed puuduvad ja arvatava sadamasilla kuuluvus selle juurde jääb siin tõestamata. Siiski tuleb arvata, et pinnavormiga samaaegse asustuse jaoks oli see paik ilmselt sobiv.

Selle uuringu puhul õnnestus georadari abiga fikseeritud pinnaselõikeid tõlgendada päris kindlalt tänu varem rajatud arheoloogilistele šurfidele. Samas tuli tõdeda, et kehtivast geodeetilisest alusplaanist (M 1 : 500) kommunikatsioonide lokaliseerimisel suuremat abi ei olnud. Tegelikult paiknesid kaabli- ja trassikaevikud enamasti teistmoodi, kui plaanil märgitud. Seetõttu on ette näha, et parema tulemuse saamiseks tuleb mõõdetaval alal esmalt fikseerida segatud kultuurikihi ulatus ja kommunikatsioonide paiknemine ja alles seejärel planeerida mõõterajad. Geodeetide ebatäpsusi ja tegematajätmissi ei olnud alustatud uurimisprogrammis enam võimalik heastada ja seetõttu on esitatud materjali interpreteerimisvõimalused ettearvatust avaramad.

Ainsad ehituse jäänused uuritavas piirkonnas olid fikseeritud Väike-Jõe tänava põhjaküljel. Arheoloogilises šurfis (joon. 2, 7) avastati kollast värvi tuiskliiva peale (ulatus merepinnast 1,86–1,88 m kõrguseni) ladestunud hallikas liivakihi 10 cm laiuste õhukeste laudade jäänuste kogum (H abs. 1,95–1,97 m), samuti kaks põhja-lõuna-suunalist ja üks ida-lääne-suunaline tahatud palk (joon. 12). 15 cm paksusega palkidest pikimal oli pealmisel küljel (H abs. 2,04–2,07 m)



Joon. 12. Šurfi 7 profiil (1 kasvupinnas ja liiv, 2 orgaanika ja tellisetükkidega tumedam liivakiht, 3 ja 4 liiv, 5 tumedam liiv, 6 liiv, 7 turbaviirud, 8 liiv).

laudseinaga raamhoone seina alusraampalgile viitav 3 cm sügavune vagu, kuid 145 cm pikkuselt avatud osas ei olnud ühtegi tapiauku. See ei tee siiski võimatuks avastatud palkide kuulumist vahvärkhoone konstruktsiooni, sest näiteks Pärnus Uus tn. 5/7 välja kaevatud 16. saj. alguse laudpõrandaga raamhoone välisseina postide tapiaukude vahe oli 160 cm (Vunk, 1994, joon. 1). Pealmisel küljel paikneva vaoga palgi kõrval oli teinegi samasuguse läbimõõduga tahatud palk, mille šurfi ulatuv ots meenutas T-kujulist tappi, kuid oli halvasti säilinud. Selle põhjuseks võis olla asjaolu, et palk jäi suures osas hilisema sissekaeve piirkonda.

Väike-Jõe tänava alt avastati Suur-Jõel mõõdetuile sarnaste tunnustega arvatava maapinna jooned. Need olid kirjeldatud ehitusjäänustega samal kõrgusel šurfi 7 juures ja sellest lääne pool ning kulgesid katkematuna kuni mõõteradade lõpuni (*File* 12, 13). Jooned võiksid samuti tähistada mitme liivakihiga maapinda, kuid ükski ristilõige seda versiooni ei toeta. Siiski tuleb silmas pidada, et ainus arvestatava pikkusega põhja-lõuna-suunaline profiil selles piirkonnas on salvestatud 2. Jõe tänaval (*File* 17), kuid selle 3–3,5 m laiuse põiktänava keskele 2,5 m sügavusse jääva kanalisatsioonitrassi kaevikuga on enamik võimalikust kultuurkihist hävitatud. Seega ei saa seda tõlgendusvarianti ka kõrvale heita. Väike-Jõe tänava lõunapoolses ääres takistas arvatava maapinna joonte 2. Jõe tänavast ida poole jätkumise või mittejätkumise tuvastamist kanalisatsioonitrassi kaevik, mis 2. ja 3. Jõe tänava vahemikus oli rajatud Väike-Jõe tänava telgjoonest enam lõuna poole kui tänava alguses. Tänav põhjaservas ei õnnestunud peale mõõterajaga ristuvate vee- ja kanalisatsioonitrasside midagi avastada. Šurfi 7 edelanurgas maapinnast 0,8 m sügavusel alanud ja konstruktsiooni horisonti läbinud ühtlase täitega sissekaeve näitab, et kaldajoone kadumine võib olla põhjustatud mingist hilisemast rajatisest (vertikaalpost joonisel 12). Šurfi profiilis on näha, et 1,1 m sügavusse sissekaevesse jäänud 12 cm läbimõõduga posti ümber on olnud 7–8 korda laiem korrapärane süvend, mis viitab pigem kraavile kui postiaugule. Kokkuvõttes jääb kehtima seisukoht, et Väike-Jõe tänava põhjaküljel šurfist 7 avatud konstruktsioonijäänused võivad kuuluda Suur-Jõe tänaval fikseeritud künka või neemiku arvatavast asustusest eraldi rajatud hoonele.

Püha Johannese hoovi viiva tee ääres (linnas seostati seda kõige sagedamini hoopis rae lubjaauguga) asusid 16. sajandil Uus-Pärnu kodanike aiad (Erffboeck, lk. 49, 51, 55, 73, 78). 1492. aastast pärineva ordumeister Johann Frydach van dem Lorynckhave määruse järgi ei võinud need aiad paikneda lähemal kui 100 sülda vallikraavist (LG, lk. 612). Kuna lubjaaugust edasi on püraamatu järgi ridamisi paiknenud vähemalt kolm aeda, ei saa Püha Johannese hoovi olla linnale palju lähemal kui 400–500 m. Avastatud kultuurkihi osadest lähim oli linnast 720 m kaugusele jäänud tahatud palkide ja tünnilaudade(?) kogum Väike-Jõe tänavas. Radari abil õnnestus selgitada, et ilmselt asustusega tihendatud maapind jätkub samal kõrgusel linna suunas (fikseeriti 130 m ulatuses). Suur-Jõe tänava radariprofiil võimaldab eraldada võrreldavas sügavuses tänapäevasest maapinnast tihendatud pinnaga künka jõepoolse otsa. Selle põhjaservas õnnestus avastada korrapärase ja ilmakaarte järgi orienteeritud põhiplaaniga rajatise säilmed. Nende tunnuste põhjal võib tegu olla inimkäte looduga, kuid täpsemat määratlust georadari abil anda pole ilmselt võimalik. Ka eeldatavate põllujäänuste kihi ulatuse määramisel oli radarist abi, kuid huumusrikka või lisandita liiva eristamine oli võimalik vaid arheoloogiliste šurfide andmete toetudes. Hinnates avastatud huumusrikaste kihte asetsemist 4. Jõe ja Suur-Jõe pinnaseprofiilide järgi, võib neid pidada ka hoovi juurde kuulunud põldude jäänusteks või hoovi kultuurkihiks, mis hoovi likvideerimise järel 17. sajandil kasutati ära põldude rajamiseks. Ühest seisukohta võtta ei ole seniste uurimistulemuste põhjal võimalik, küll on aga saadud andmete alusel näha Püha Johannese hoovi kultuurkihi paiknemise edasiselgitamise suund. Praegust hoonestust arvestades tuleb enamik tööst teha hoovides ja aedades tõenäoliselt georadariga. Kindlasti peab aga arvestama vajadusega rajada arheoloogilisi kaevandeid probleemsetesse kohtadesse. Seda ei tarvitse lubada maavaldajad.

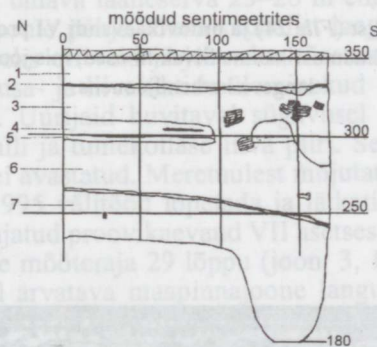
KULTUURKIHI VÄLJASELGITAMINE VANA-PÄRNUS

Tänapäevases Vana-Pärnu linnaosas on arheoloogiliseks uurimisobjektiks keskaegse Vana-Pärnu linna (1251–1599) ja võimaliku muinasaegse kultuurkihi iseloom ning paiknemine. Seoses linnaosa arengust tulenevate vajadustega ja Pärnu sadama rajatiste laiendamisega tuleb ulatuslike kommunikatsioonide rajamise juures ette näha arheoloogilise kultuurkihi kaitse. Seni on aga Vana-Pärnus ainsana lokaliseeritud 19. sajandi plaanideltki tuttava muistise – Pärnu toomkiriku edelanurk (Volmer, 1970). 23. mail 1995 alustati Vana-Pärnu pinnase uurimist georadariga, mille antenn oli kinnitatud maasturile. Salvestati 14 pinnaselõiget sügavuseni 3,3 m, kogupikkusega 4210 m. Salvestamine võttis 2 tundi. Sellel etapil oli seatud eesmärgiks uurida esmalt maapinda radariga ja alles seejärel selgitada või täpsustada tulemusi arheoloogiliste meetoditega. Radari mõõterajad olid orienteeritud tänapäevase Vana-Pärnu tänavate järgi põhjakirde-lõunaedela/lõunaedela-põhjakirde ja idakagu-lääneloode/lääneloode-idakagu suunas (joon. 3). Territoorium piiritleti Vana-Pärnu likvideerimisel 1611. a. keh-testatud ehituskeelualaga, mis tuletati 19. saj. Pärnu linnaplaanilt (Fowelin, 1844). Kuna põhjapiiriks oli jõekallas, pakkus pinnase uurimisel suuremat huvi keskaegse Vana-Pärnu linna lõuna-, ida- ja lääneserva lokaliseerimine. Kirjalike allikate järgi on teada, et linna ümbritses pihttara, seetõttu otsiti maa alt esmalt vallijäänustele viitavaid kihte. Samasugust huvi pakkusid ka andmed kultuurkihi intensiivsuse kohta.

Radariekraanil väljajoonistunud kihtide iseloomu ja nende kujutamise täpsust asuti selgitama arheoloogiliste šurfide rajamisega. Kultuurkihi mõõtmine oli tänapäevase pinnavee taseme tõttu võimalik u. 2,5 m kõrguseni merepinnast, s.t. 1–2 m sügavuseni maapinnast. Vallikraavide (*bolwerck* – Kinnisturaamat, lk. 66, 180) tõttu võis maapind nimetatud kõrgusel olla linnaliseks asustuseks kõlblik. Tänaeks on kadunud ka 1551. aastal mainitud "purdega oja" (Kinnisturaamat, lk. 74), mis samuti pidi pinnaveetaset alandama. Samas on raske eeldada muistse asustuse paiknemist oluliselt sügavamal 2,5 m samakõrgusjoonest. Arheoloogilist huvi pakkuvate pindmiste pinnasekihtide ja radariprofiilide võrdlemiseks kaevati 1995. a. juunis ja augustis šurfid Kesk- ja Väike-Toome tänavale.

Šurf I rajati 2 m pikkune, asukohaga Väike-Toome tänavas idaservas, vahetult radari mõõterajaga 28 piirneval mururibal, 60–62 m kaugusel mõõteraja algusest ja 23–21 m enne kinnispunkti (joon. 3, I). Maapinna absoluutkõrgus oli seal 3,02 m merepinnast. Juba 90 cm sügavusel muutus edasikaevamine võimatuks pinnavee intensiivse imbumise tõttu kaevandisse. Hoolimata vee regulaarsest eemaldamisest hakkasid kaevandi servad varisema ja kaevamine tuli katkestada. Šurfi profiilis joonistus kasvupinnase all välja 10 cm paksune kruusakiht, mis ahenes ida suunas tänavast eemaldumisel. Selle all oli 10–30 cm paksune huumusrikas täitepinnas kaasaegsete 20. sajandist pärinevate leidudega. Šurfi edelanurka läbis liiva sisse rajatud 25 cm sügavune sissekaeve, mille huumusrikka täite leidudest domineerisid 20. saj. keskel kasutusel olnud klaaspudelid. Profiili alumise osa moodustanud rauasoonekestega kollane liiv ulatus vähemalt 130 cm sügavusele. Radariprofiilil (*File 28*) puuduvad 60 m tähise kohal väikesel sügavusel asetsevad, veel 45 m juures radari poolt eristatud pinnasejooned. Vaid u. 30 cm sügavusel on võimalik täheldada nõrka tagasipeegelduse jälge. Šurfi lääneprofiili põhjal algab sellelt sügavuselt kollane liivakiht, ka šurfi liivakihis fikseeritud sissekaeve põhja kõrgusel (u. 60 cm maapinnast) on radariprofiilil välja joonistunud (sissekaeve laiusega proportsionaalne) tume täpik. Ainuüksi radarmõõtmiste põhjal ei osatud seda täpikest nii interpreteerida ega nähtud selles ka sissekaeve tunnuseid. See tähendab, et väikeste objektide puhul fikseerib radar vaid foonist kõrvalekalde, mida on keerukas defineerida. Visuaalselt raskesti eristatavaid liivakihte lahutab radar kindlalt. Seetõttu võib radariprofiil kohati korrigeerida ka pealiskaudselt ülesmõõdetud pinnalõikeid, samuti täiendada neid pinnavee tõttu kättesaamatuks jäävas sügavuses.

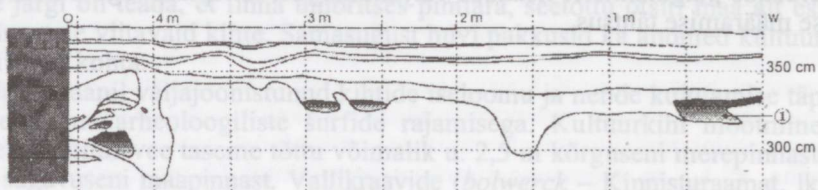
Šurf II kaevati 1,7 m pikkusena Väike-Toome tänava idaserva, vahetult radari mõõterajaga 28 piirneval mururibal; 160 m kaugusele mõõteraja algusest ja põhjaseravaga 21 m enne lõpp-punkti (joon. 3, II). Maapinna absoluutkõrgus oli 3,56 m merepinnast. Šurfi idaprofiilil (joon. 13) eristuvad 20 cm paksune liivakiht ja kuni 2 cm turbasegune kiht 20. sajandist pärinevate leidudega. Radariprofiili 160 m tähise kohal on 90 cm sügavusel tänava ulatuses jätkuvad pinnasejooned. Arvestades šurfi I uurimise tulemusi, ei saa neid peegeldusi pidada šurfi II profiili allosa liivakihtideks umbes samal sügavusel, vaid radariprofiili 50 m tähise juurest algava ja 0,8–1 m sügavuses kulgeva sidekaabli trassikaeviku serva põhjaks. Neljas paralleelses asbesttorus paikneva sidetrassi asukoht on geodeetilisele alusplaanile kantud hiljem skemaatiliselt ega kajasta seetõttu olukorda piisavalt täpselt. Teisel pool tänavat säilinud pinnasekihtide kujutisel (*File 29*) on mõõteraja 160 m tähise kohal näha (praeguse maapinna suhtes) põhja suunas tõusvate kihtide tunnuseid. Kõrguste järgi on tegu šurfi II profiilil fikseeritud liivakihtide (kokku kolm) kujutistega. 160 ja 170 m tähise vahel on radari abil fikseeritud pinnaselõikes märgatav u. 1,7 m sügavuse sissekaeve jälg. Sissekaeve on pinnasekihtide senise ladestuse segi pööranud. Nii ei ole võimalik jälgida liivakihtide edasist kulgu põhja suunas. Siinkohal aktualiseerus juba Suur-Jõe linnaosa tänavatel esilekerkinud vajadus trasside täpse plaanilekandmise järele, mõõteradade paigutamisel lisandus varjundina just täitepinnasega trassikaeviku ulatuse määramise tähtsus.



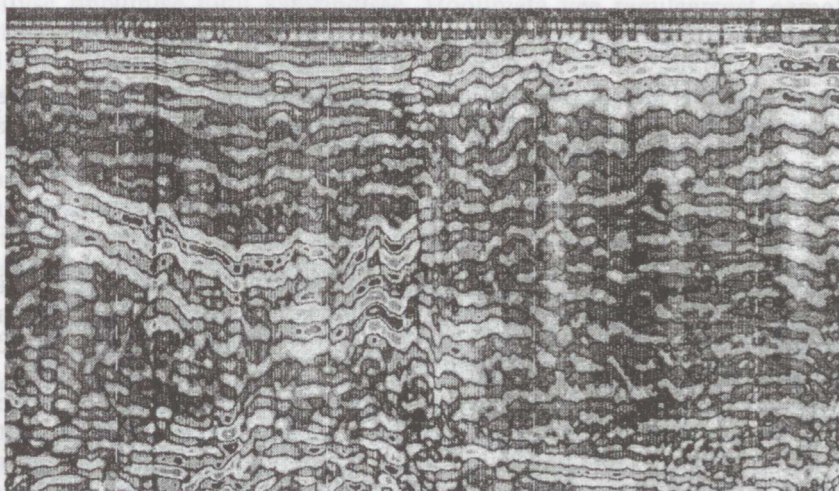
Joon. 13. Šurfi II profiil (1 kasvupinnas ja liiv, 2 turbasegune liivakiht, 3 tellisetükkide ja 20. sajandi leidudega liiv, 4 tumeda liivaviiruga liiv, 5 tellisetükkidega huumusrikas liivakiht, 6 tellisetükkide ja loomaluudega liiv, 7 rauasoonekestega liiv).

Proovikaevand VI rajati Kesk tänavale mõõteraja nr. 24 kinnispunkti tähise juurde profiili 282. meetril (joon. 3, VI). Selles kohas oli radariprofiili ülaosas teadaolevalt kujutatud pinnakihtidest alumise juures märgata 2,5-meetrises lõigus idasuunaline langus u. 40 sentimeetritl 46 cm ja seejärel 56 cm sügavusele. Pika proovikaevandiga otsustati selgitada niisuguse languse tähendus looduses, et selle kaudu kindlamalt interpreteerida tõuse ja langusi. Tulemus on esitatud joonisel 14. Sealjuures on tähelepanuväärne, et radari horisontaalis kokkusurutud mõõtkava võimaldab joonisel kujutatud 43, 46 ja 60 cm sügavuselt algavad huumusrikkamad liivakihistused kahe laigukese ja jätkuma jääva joonega ohtlikult üldistada, olles samas ikkagi objektiivne. Interpreteerimisel on ohtlik ka

negatiivne üldistus. Nimelt esitasid GSSI esindajad salvestamise käigus tõlgen-
 dusvariandi maapinna (*resp.* teekatte) mitmekordsest peegeldusest profiili üla-
 osas. See kummutati kaevamistega kindlalt ja asendati arheoloogidele tänuvärselt
 informatiivsema interpretatsiooniga. Nimelt puudutas see ka joonisel 15 kuju-
 tatud kultuurikihi ülemisi ladestusi, millesarnaseid leiab radarilindilt just
 lähedaste "kajadena". Signaali kaja väljafiltreerimist on georadari rakendamisel
 arheoloogias peetud andmetöötamise suurimaks probleemiks (Bradley, Fletcher,
 1995b, lk. 10), pinnasekihtide eristamise juures näib see probleem puuduvat.
 Teatavasti osutus juba 1980. aastate keskel võimalikuks määrata georadariga ka
 väga väikese intensiivsusega kiviaegseid kihte (Imai jt., 1987, lk. 148). Seetõttu
 ei olnud Pärnus eesmärgiks seda järjekordselt tõestada. Eelkõige huvitas autoreid
 meetodika, kuidas eeslinna oludes eristada kihte läbi tänavakatte ja kommuni-
 katsioonide võrgu.



Joon. 14. Lõige radariprofiilist (File 24) ja proovikaevandi VI profiil, kus on toonitatud halli
 liivakivi alla ja sisse jäänud huumusrikkama liivakihi osad, mis joonistusid radariprofiilil välja
 langeva katkendjoonena.



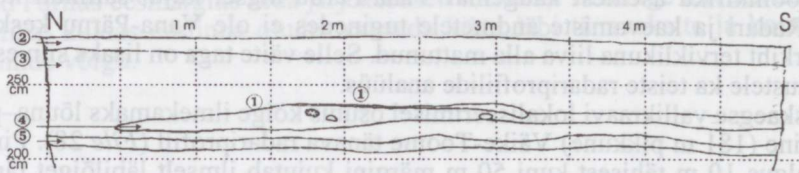
Joon. 15. Radariprofiil (File 28).

Šurfi V rajamisel seati eesmärgiks Vana-Pärnu linna kultuurkihi otsimine radariprofiilil (*File* 24) 310 m tähise juures, 1,4–1,8 m sügavusel väljajoonistunud kolme tugeva katkendliku joone juurest. Lääne suunas liitusid need üheks, ida suunas jätkusid 3–4 paralleeljoonena. Proovikaevandi V asukohaks oli kõrge liivaküngas (H abs. 415 cm) 80 m toomkirikust lõunas ja 25 m põhja pool ehituskeelu alale jäänud kuusnurkse tuuleveski kivivaret (joon. 3, *V*). Pinnaselõike ülasosas kattusid 40 cm paksune huumusrikka liiva kiht selle alla jäänud 2–4 cm liivaviiru, 6 cm paksuse huumusrikkama kihi ja kuni 12 cm nn. üleminekukihi osas radariprofiili senise interpreteeringuga. Nende kihtide all olid aga vähemasti 0,6–2,5 m sügavuses vaid puhta tuiskliiva ladestused. Nii jooksis liiva võimalus leida toomkiriku asemest kaugemal Vana-Pärnu algsel kujul säilinud kultuurkihti. Radari ja kaevamiste andmetele tuginedes ei ole Vana-Pärnu keskaegne kultuurkiht terviklikuna liiva alla mattunud. Selle väite taga on lisaks siin esitatud kaalutlustele ka teiste radariprofiilide analüüs.

Keskaegse vallikraavi lokaliseerimisel osutus kõige ilmekamaks lõuna–põhja-suunaline (181 m pikkune) Väike-Toome tänava radariprofiil (*File* 28). Pinnaselõike algus 10 m tähisest kuni 50 m märgini kujutab ilmselt läbilõiget tänapäevaks mattunud 1,5 m kõrgusest pinnavormist, mille lõunapoolne osa on selgesti välja joonistunud ja piirneb lõunas vähemalt 12 m laiuse süvendiga (joon. 15). Mitte nii selgesti, kuid äratuntavalt sarnaselt joonistus pinnakihtide ladestus välja ka tänava teises servas, põhja–lõuna-suunalisel profiilil (*File* 29). Radari mõõteradadega ristuvad 20 m laiused süvendid salvestati samal sügavusel ka kvartali võrra läänes, Suur-Toome tänaval (*File* 26 ja 27, 40 ja 60 m tähise vahel). Nendel kujutistel oli selgesti välja joonistunud just süvendi lõunaserv, mis näis viitavat ida–lääne-suunalisele kaitsekraavile Vana-Pärnu lõunaosas. Mõlema tänava puhul on oluline, et need piiravad vastavalt idast ja läänest Pärnu toomkiriku varet. Šurf III rajati Väike-Toome tänava lääneserva 25–26 m enne mõõteraja 29 lõppu, et selgitada pinnakõrgusjoonte põhja–lõuna-suunalist langust sügavusel u. 1,5–3 m (joon. 3, *III*). Tulemuseks oli vaid järjekordne tõestus selle kohta, et radar fikseerib üsna täpselt kruusa- ja liivakihtide üleminekid ning nõrgalt (kuivemate) turbaste kihtide omad. Uurijaid huvitaval sügavusel polnud pealetungiva vee tõttu võimalik leida halli ja tumekollase liiva piiri. Selgesti eristatavat kultuurkihti 1,5 m sügavusel ei avastatud. Meretuulest mõjutatud kõrge pinnaveetaseme tõttu otsustati juunis 1995 välitööd lõpetada ja jätkati augustis, kui veetase oli tunduvalt madalam. Rajatud proovikaevand VII asetses Väike-Toome tänava lääneservas 50–45 m enne mõõteraja 29 lõppu (joon. 3, *VII*), kus radariprofiilil oli väga nõrgalt kujutatud arvatava maapinnajoone languse algus u. 70 cm sügavuselt. Tänavaservas, kus salvestatud profiil oli selgem (joon. 15), ei olnud võimalik šurfi rajada. Kaevandis ülesmõõdetud profiilis paljandus otse tänavatäite all 30–50 cm paksune liivasegune pruunikashall tellisetükkidega kiht, mille sisse alumises kolmandikus ulatub ka mitu liivakihti. Selle alla jäävad hüguste piiridega u. 3 cm paksune tumehall orgaanikast läbiimbunud liivakiht (nn. üleminekukiht) ja liiv (joon. 16). Otsitud sügavuselt leitud nn. üleminekukihil eeldatud 20 cm kallet lõuna suunas ei täheldatud. Selgus, et radariprofiilil on avastatud kiht eristamata. Siit on tuletatav võimalus, et pinnase nii sujuvat üleminekut kultuurkihi alumises osas radar eraldusjoonena ei fikseerinud. Puhtama liiva ladestus on profiilis seevastu kindlalt eristatav. Radari poolt mõlemas tänavaservas sarnastena fikseeritud langusega joonte põhjustajateks tuleb ilmselt pidada erineva niiskusega, kuid visuaalselt eristamatuid tuiskliivaladestusi nn. üleminekukihi all.

Kuna oluliselt sügavamale kui 1 m maapinnast (H abs. 175 cm) ei olnud selles piirkonnas hoolimata pinnavee madalast tasemest võimalik kaevata ega rajada ka suuremat kaevandit maapinnas u. 1,7 m sügavusel (H abs. 1 m) fikseeritud võimaliku vallijäänuse piirkonda, tuli kasutada teist algselt geoloogilist meetodit. 25. jaanuaril 1996 rajati radariprofiili (*File* 28) 15. meetrile 3,6 m sügavune puurauk. Loodeti saada andmeid võimaliku vallikraavi täite ja sügavuse kohta. Sondpuurimisel õnnestus tuiskliivast eristada 1–1,5 cm turbaviirud 114, 137 ja

153 cm sügavuselt, alates 2,8 meetrist ehk merepinna tasandist algas tolmiiva ladestus. Ka radariprofiilidel algavad eeldatava vallikraavi põhja tähistavad horisontaaljooned 2,8 m sügavuselt. Turbaviirud (need ei kajastu must-valgel radariindil) võivad tähistada kraavi täitumisfaase.



Joon. 16. Proovikaevandi VII profiil (1 kivikeraamika kildude leiukohad, 2 kruus, 3 huumusrikas liivakiht, 4 liivakihid, 5 nn. üleminekukiht).

Tundub, et eeldatava vallikraavi juures fikseeritud, kuid arheoloogiliselt seni määratlemata arvatava maapinna jooned ja suure tõenäosusega Vana-Pärnu piiridesse jäävates kohtades liivamattunud kultuurkihi puudumine on seotud kultuurkihi teisaldamise probleemiga. Kaevandist VII võetud pinnaseproovid peavad selgitama domineerinud pruunikashalli kihi ülemise ja alumise osa seotust, siinkohal on ilmekamgi sealt pärinevate leidude päritolu. Kihi ülemises, liivaladestuste kohale jäänud osas, tänavapinnast 40 ja 45 cm sügavusel leiti üksteisest 70 cm kaugusel kaks keraamikafragmenti. Esimene neist on helepruunikate ebatasaste pindadega varase kivikeraamilise nõu kaela- ja sangaosa fragment. Sangal on kaks vagu, sanga laius on 2,5 cm. Nõu seinapaksus on 0,3–0,4 cm ja selle materjaliks on tugeva põletusega tumehalli värvusega savi, milles leidub heledaid terakesi (valkjast, kulumata servadega kivipurd) ja üksikuid ümaraid poore. Selliseid kivikeraamilisi nõusid valmistati 14. saj. Teine on tugeva põletusega valkja savipõhimiku ja sama värvi teraliste kattepinnaadega nõu ülaseri fragment. Servaosa on lühike, pisut väljapoole pööratud ja keskosas paksenev. Nõu seinapaksus on 0,4 cm, servi keskosas 0,8 cm. Tõenäoliselt pärineb fragment imporditud ümara põhjaga nõust (*kugeltopf*) ja kuulub savi koostise ning valmistamistehnoloogia alusel mõnede uurijate poolt eristatava protokivikeraamika hulka. Seesugused nõud ei dateeru hilisemaks kui 13. sajand. Leiukohta on raske pidada nende fragmentide esmase ladestumise kohaks; kihtide katkematu kulgemise järgi radariprofiilil tuleks keskaegse linna ala pidada suuremaks mõõtepiirkonnast. Seesugustest kihtidest on leitud tunduvalt hilisemaks dateeritavaid esemeid. Et linna likvideerimise järel elas 1613. aastal visitatsiooniprotokoll järgi kirikuvaremete juures 5 elanikku ja siin tegutses 6 talupoega (Rußwurm, 1880, lk. 15), tundub võimalik, et viljakat kultuurkihti ja isegi vallikraavi muda juba siis põldudele laotati.

Radaruuringud Vana-Pärnus andsid rohkesti materjali keskaegse linna võimalikust asendist looduses, kuid tõstsid üles ka arheoloogilise kultuurkihi suuremahulise teisaldamise küsimuse, millele vastuse leidmine nõuab uurimismetoodika kohandamist.

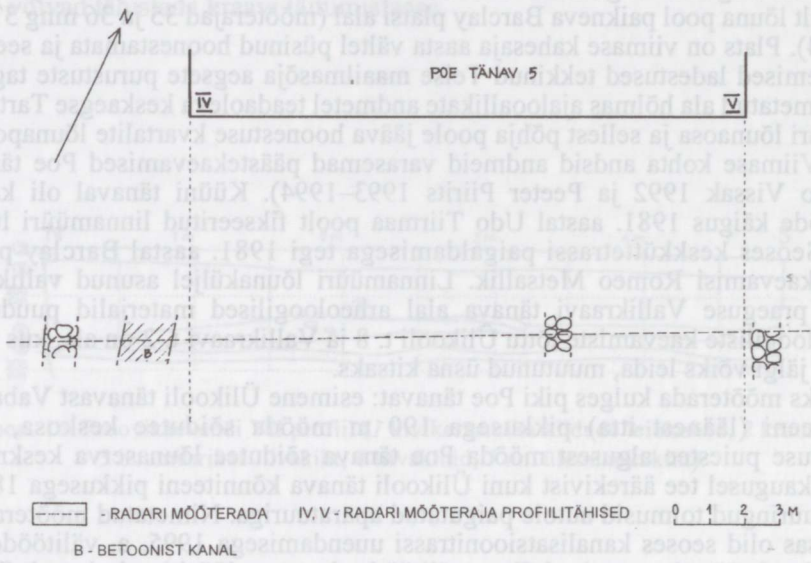
ÜLEVAADE RADARUURINGUTEST TARTUS

Esimesed georadariga tehtud mõõtmised Tartus toimusid Poe tänaval ja sellest vahetult lõuna pool paikneva Barclay platsi alal (mõõterajad 35 ja 36 ning 37–40, joon. 4). Plats on viimase kahesaja aasta vältel püsinud hoonestamata ja seega ei ole ülemised ladestused tekkinud Teise maailmasõja aegsete purustuste tagajärjel. Nimetatud ala hõlmas ajalooallikate andmetel teadaoleva keskaegse Tartu linnamüüri lõunaosa ja sellest põhja poole jääva hoonestuse kvartalite lõunapoolset piiri. Viimase kohta andsid andmeid varasemad päästekaevamised Poe tänaval (Rünno Vissak 1992 ja Peeter Piirits 1993–1994). Küüni tänaval oli kaevamistöde käigus 1981. aastal Udo Tiirmaa poolt fikseeritud linnamüüri lühike lõik. Seoses keskküttetrassi paigaldamisega tegi 1981. aastal Barclay platsil päästekaevamisi Romeo Metsallik. Linnamüüri lõunaküljel asunud vallikraavi kohta praeguse Vallikraavi tänava alal arheoloogilised materjalid puuduvad. Arheoloogiliste kaevamiste tõttu Ülikooli t. 8 ja Vallikraavi t. 2 on ala, kus vallikraavi jälgi võiks leida, muutunud üsna kitsaks.

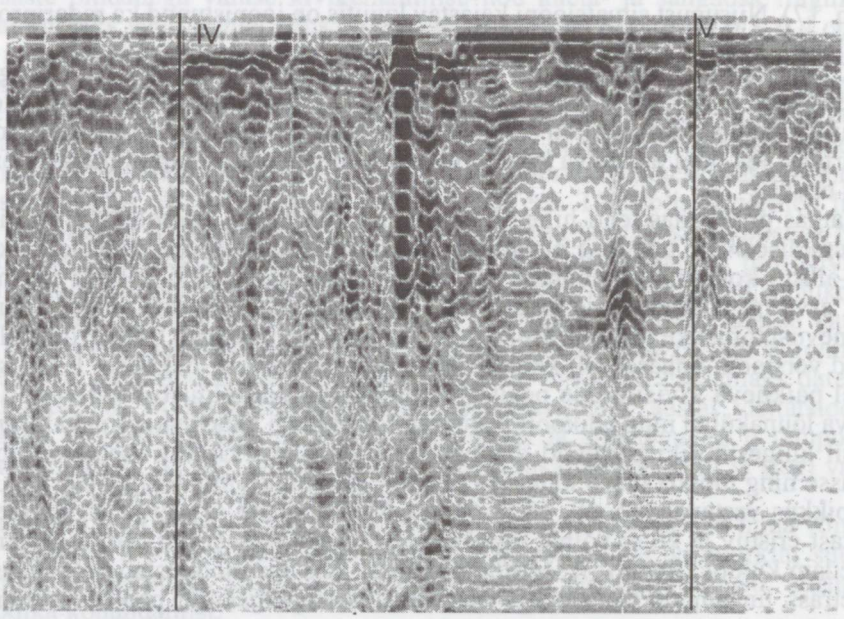
Kaks mõõterada kulges piki Poe tänavat: esimene Ülikooli tänavast Vabaduse puisteeni (läänest itta) pikkusega 190 m mööda sõidutee keskosa, teine Vabaduse puistee algusest mööda Poe tänava sõidutee lõunaserva keskmiselt 0,5 m kaugusel tee äärekivist kuni Ülikooli tänava kõnniteeni pikkusega 180 m. Radaruuringud toimusid autole paigutatud aparatuuriga. Nimetatud mõõteradade keskosas olid seoses kanalisatsioonitrassi uuendamisega 1995. a. välitööde ajal ette nähtud päästekaevamised. Enne välitööde algust analüüsi radari poolt fikseeritud profiili, kõrvutades seda ka teadaolevate maa-aluste kütte- ja veetorustike, sidekaablite jms. paiknemisega. Kaevamiste käigus 15. septembrist 14. oktoobrini 1995 leidsid kinnitust mitmete lokaliseeritud kivimüüride asukohad. Küüni tänava idaküljelt ida poole kuni 23 m pikkusel lõigul paljandus kolm radari mõõteradade suhtes risti asetsevat kivimüüri (joon. 17). See piirkond on mõõterajal üldjoontes määratud IV ja V kinnispunkti vahelise lõiguna. Küüni tänava idakülje haljastuse sirgel, IV kinnispunkti joonest 3,5 m lääne poole, teekattest 1,9 m sügavuselt väljakaevatud 1 m laiune tellistest ja maakividest müür külgnest ida poolt teekattest 1 m võrra sügavamal asetseva betoonkanalis torustikuga (joon. 17). Niisugust situatsiooni kajastav kujutis on joonistunud ka radariprofiilil (joon. 18).

Kirjeldatud müürist ida poole 14 ja 19 m kaugusel paljandusid 1,4 m sügavusel teekattest veel kaks palkparvedele toetuvat 0,8 m laiust kivimüüri. Mõõteraja profiilil eristub neist selgesti kaugem, V kinnispunktiga kohakuti asuv müür. Müüridest ida pool paikneva küttetorustiku betoonkanal on samuti radarijoonisel hästi eristuv.

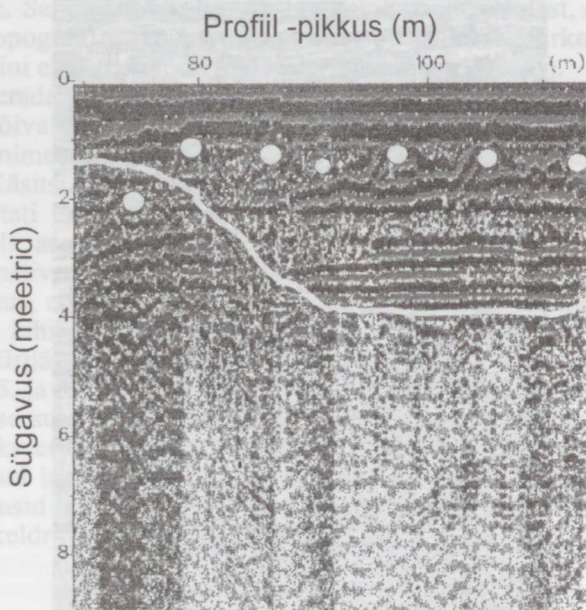
Samas piirkonnas tehti hiljem ehitusfirma initsiatiivil käesolevatest uurimistest eraldiseisvad, tehnilise otstarbega radaruuringud, mis keskendusid eelkõige maa-aluste kommunikatsioonide lokaliseerimisele (joon. 19). Nende uuringute järel arvutiga töödeldud ja analüüsitud radariprofiili kujutisel ilmnis mitmeid lahknevusi torustike tegelike asukohtade ja nende arvu suhtes. Väliuurimistel tekkinud versiooni kohaselt oli kohati valesti interpreteeritud teekattest 1,3 m sügavusel paikneva kivilisillutise pealt lähtunud tagasipeegeldust. Mõõterajad Poe tänava lõunaküljel ning Ülikooli, Küüni ja Vallikraavi tänavaga piirneval Barclay platsil kulgesid piki pargiteid diagonaalselt üle platsi kirdest edelasse, loodest kagusse ning mööda platsi lõuna- ja idakülje kõnniteid (mõõterajad 40, 37, 38 ja 39; pikkus vastavalt 62, 60, 58 ja 64 m). Mõõteradade 37, 39 ja 40 lintidel on taustast eristuv ja kõigi kolme raja osas ühel sirgel fikseeritud, sarnase vormiga tumedam kujutis. Radari fikseeritud kujutisest ühe osa moodustab betoonkanalis küttetrass, linnamüüri tähistab aga teadaoleva trassi põhjaküljel paiknev suuremale



Joon. 17. Radari mõõteraja lõik Tartu Poe tänavas profiilitähise IV ja V piirkonnas koos hilisemate päästekaevamiste tulemusel fikseeritud müüridega.



Joon. 18. Tartu Poe tänava IV ja V profiilitähise juures salvestatud profiililõik.

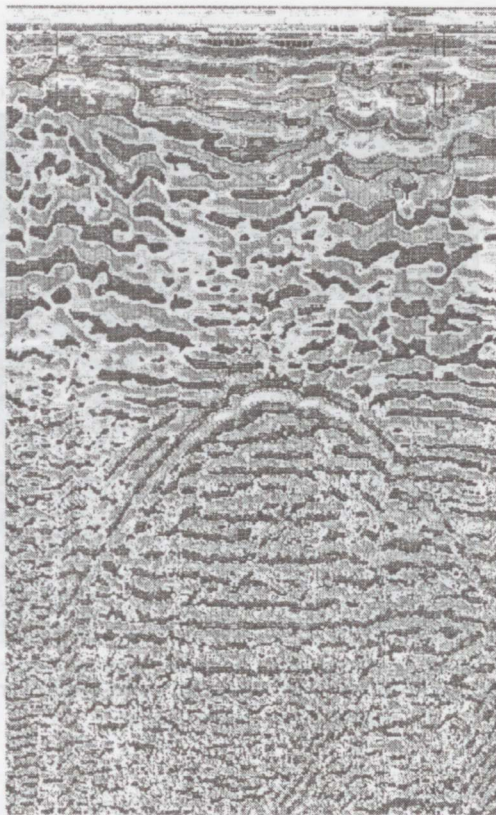


Joon. 19. Rakenduslikel eesmärkidel töödeldud radariprofiil Tartu Poe tänava kommunikatsioonide kohta.

takistusele viitav kujutis. Asendilt sobis kolmelt nimetatud mõõteraja profiililt ühele sirgele projitseeruv kujutis hästi linnamüüriks.

Mõõterajad 45–47 olid vastavalt pikkusega 113, 74 ja 45 meetrit. Uurimispiirkond asus Toomemäel keskaegse piiskopilinnuse eeslinnuse alal (joon. 6). Eesmärk oli leida jälgi keskaegsest kivihoonestusest ja täpsustada säilinud kultuurkihi ulatust.

Mõõterada 45 kulges mööda tasaseks planeeritud pargiala teelõigul Toomemäe lõunanõlvast Inglisillani. Mõõteraja 20. meetrist alates on kuni 60 m ulatuses jälgitav suurema tagasipeegeldusega, tõenäoliselt rusustest kihtidest moodustuv ülespoole tõusev pinnavorm, mis võib viidata ala varasemale planeeringule ja konkreetsemalt eeslinnuse põhjapoolse müüri kohal kujundatud pinnasereljeefile. Kirjeldatud alal tõusevad 50. meetril esile kaks kitsamat ja vertikaalselt joonisunud rususest pinnasest tumedamat kujutist, mida võib interpreteerida 0,5–1,1 m sügavusel maapinnas säilinud kivimüürina. Mõõteraja 46 lähtepunkt oli sama, mis eelkirjeldatud rajal, kuid see kulges mööda eelmisega ligikaudu diagonaalselt paiknevat pargiteed. Eelkõige väärib märkimist raja lõpul, 68. meetril joonisunud 1,5 m sügavuselt spetsiifiline tagasipeegeldus, mida juba mõõtmistööde ajal interpreteeriti kui võimalikku maa-alust käiku (joon. 20). Mõõterada 47 algas keskaegse Valge torni oletatava asupaiga kivitähise juurest ja kulges sealt lääne poole kuni Naistekliiniku idaküljel paikneva kivipiirdeni. Mõõteraja profiilil on esimese kolme meetri ulatuses 0,5–2 m sügavusel intensiivsema tagasipeegeldusega ümbritsevast keskkonnast eristuv kitsas lõik, mis võib viidata kivirajatisele. Suurema tagasipeegeldusega võimalikud rusu sisaldavad kihid fikseeruvad mõõteraja 25.–40. meetril 0,5–1,6 m sügavusel. Selles piirkonnas selgesti eristuvad kivehitistele viitavad jäljed radarijoonisel puuduvad.



Joon. 20. Tartu Toomemäel salvestatud spetsiifiline kujutis.

Mõõteradade 48 ja 49 pikkus oli võrdselt 86 m. Mõõterajad kulgesid piki Toomkiriku põhjaseina välisküljel paiknevat pargiteed 5 ja 7 m kaugusel müürist esmalt tornide poolt kooriosa lõpuni (läänest itta) ja seejärel vastupidises suunas (joon. 6). Eesmärgiks seati võimalike kirikuga külgnenud ehitiste jälgede leidmine ja juba teadaolevatest rajale jäävatest müüridest radarikujutise fikseerimine.

Toomkiriku tornidest ida poole piki hoone seina mõõdetuna asusid müüri- tikule viitavad tugevama tagasipeegelduse allikad 30. ja 55. meetril maapinnast umbes 1–1,2 m sügavusel. Esimene on eristatav mõlema raja profiilil, teine on selgesti joonistunud üksnes kirikule lähemal asetsenud mõõterajal 48. Saadud tulemused langevad ligilähedaselt kokku teadaolevate kiriku ehitusajalooliste uurimiste andmetega. Vastavalt neile on tegu kiriku hävinud põhjaeeskoja ja käärkambri müüridega. Esimese asukoha osas tekkinud lahknevus radari mõõtmistulemuste ja plaanistatud müüride vahel on umbes 3 m. Nimetatutele lisaks fikseeriti suurem tagasipeegeldus ka 11.–12. meetril põhjatorni ja pikihoone liitumiskoha sirgel 1,5 m sügavusel maapinnast. Autorite teada puuduvad andmed sellel kohal olnud ja kiriku juurde kuuluvast rajatisest. Maapinnas säilinud kivimüüri osad võivad olla pärit ka bastionide rajamise perioodist (Kaur Altoa suuline viide). Mõlema kirjeldatava mõõteraja osas on radarijoonisel kuni 2 m sügavusele ulatuvate sissekaevete jälgi täheldada eelkõige kiriku kooriosaga külgneval alal. Viimasena mainitud jälgede puhul võib tegu olla matustega.

Mõõterajad 50–55, pikkus vastavalt 119, 76, 87, 48, 35 ja 45 m, asusid Toomemäe põhjaplatoo põhjanõlval (joon. 6). Ka siin sooviti eelkõige leida maapinnas säilinud keskaegse hoonestuse jälgi ja bastionide perioodiga seotud rajatiste müüre. Samas oli uuritav ala huvitav ka selle poolest, et mitmed keskaegse Tartu topograafiat käsitletud uurijad on sellesse piirkonda paigutanud 14.–16. sajandini eksisteerinud Püha Katariina kloostrit (OCis).

Kaks mõõterada (50 ja 52) kulgesid mööda pargiteid Toomemäe põhjaplatoo servast kuni nõlva lõpuni. Mõõterada 51 paiknes loodusliku nõlva keskosas ja ristus kahe eelnimetatuga. Nende radade puhul tehti töid maasturi ette kinnitatud antenni abil. Kätsiti veetud antenniga töötati nõlval mõõteradadel 53–55. Rada 53, mis paigutati eelmiste radade juures tähelepanu köitnud suurema tagasipeegelduse alale, asetses ligikaudu paralleelselt rajaga 51. Rajad 54 ja 55 ristusid rajaga 53 intensiivsema tagasipeegeldusega kohtades. Juba esimese raja mõõtmistöödel nähtus, et nõlva alumine osa on 30 m ulatuses kujundatud täitekihiga. Mitmed selles kihis joonistuvad kogumid võivad osutada 1–1,6 m sügavuselt algavateks müürijäänusteks. Nõlva ülemises osas fikseerisid tugevamad tagasipeegeldused 35. ja 65. meetril. Neist esimese puhul võis tegu olla ka maapinnas leiduva niiskuse suurema kogunemisega ühte kohta. 51. mõõteraja lõpul nõlva loodeserval fikseeritud tagasipeegelduse objekt paikneb usutavalt maapinnas osaliselt säilinud bastioni muldkeha tugimüüri kohal. Sarnaselt 46. mõõterajal leituga joonistusid ka 54. ja 55. mõõteraja profiilidel (vastavalt 17.–18. ja 20. meetril) välja keldriruumile viitavad jooned.

KOKKUVÕTE

Pärnus ja Tartus tehtud uuringud kinnitasid, et georadari kasutamine on kiire ja tulemuslik meetod. Selle abil saab arheoloogilise eelluure käigus või kaevandite piiridest väljapoole jäänud aladel uuringutejärgselt jälgida pinnakihtide üldist kulgu ja ehitusjäänuste võimalikku olemasolu. Lühikese ajaga saadavast informatsioonist on üks osa vastava analüüsikogemuse olemasolul suhteliselt hõlpsasti määratletav. Seda olenevalt uuritud keskkonna struktuuri keerukusest ja leitud objektide iseloomust. Teine osa teabest nõuab aga ka visuaalsel vaatlusel eristunud punktide plaanile märkimist ja mõõteradade omavahelist võrdlust, eeldades linnaarheoloogilistes tingimustes päris suurt aja- ja töökulu. Kolmas osa radari poolt registreeritud on interpreteeritav alles pärast vastaval alal korraldatud arheoloogilisi kaevetöid. Nende käigus fikseeritu võib juhtida tähelepanu varem märkamata jäänud iseärasustele mõõtmisraja profiilil.

Saadud kogemuste põhjal võib väita, et ka lühiajaliste mõõtmistööde ja kõige vahendituma interpreteerimismeetodi tulemusel saavutatavad resultaadid õigustavad käsitletava meetodi kasutamist. Suurema riskiga on seotud üksikul radariprofiilil fikseeritud andmete töötlemine arvuti abil eesmärgiga korras- tamise, tekkinud kajade väljafiltreerimise jmt. kaudu muuta kujutis võimalikult lihtsalt käsitletavaks ja loetavaks. Meenutatagu, et Tartu Poe tänava rakenduslike radaruuringute tulemuste seesugusel töötlusel maapinnas fikseeritud kommunikatsioonid osutusid kaevamistulemuste põhjal kunagise trassikaeviku servas säilinud uusaegse munakivisillutise fragmentideks. Korduvalt on tõestatud, et radaruuringute tulemustele pandud lootuste täitumine sõltub eelkõige mõõtmistööde põhjalikkusest ja signaali kujutise töötlemise viisist. Meetrite vahedega mõõtmisradade ruudustiku abil saadud andmete interpreteerimisel oleks võimalik kasutada ka uusimaid statistilisi andmetöötlusprogramme. Need lubavad tulemusi, eelkõige tagasipeegelduse intensiivsust ja kõikumisi mitmel kujul ja viisil üldistada. Graafilise materjali statistiline töötlemine arvutis on vahenditust visuaalsest võrdlemisest väidetavalt 200 korda kiirem ja samas nii objektiivne kui vähegi võimalik (Bradley, Fletcher, 1995a, lk. 3–10, 17). Võrdlemisi lihtne ja tulemuslik on kirjeldatud meetodi kasutamine muidugi üldiselt ühtlases,

näiteks valdavalt loodusliku tekkega ladestustes kivirajatiste, puitehitiste ja sissekaevete leidmiseks. Niisugusel otstarbel on seda siiani arheoloogias ka kasutatud. Siiski on selle meetodi suhteline odavus ja kiirus ning võime hõlmata laialdasi alasid eelduseks, et seda kasutada ka komplitseeritud kultuurkihiladestustega aladel. Käesoleval ajal on olukorras, kus mitmetes Eesti linnades tehakse jätkuvalt mahukaid päästekaevamisi, linnaarheoloogia seisukohalt eelistatavad sellised meetodid, mis aitavad läheneda esilekerkivatele uurimisprobleemidele kultuurkihti minimaalselt kahjustades ja lisaks võimaldavad päästekaevamistel kogutud andmeid täiendada. Sageli on uute maa-aluste trasside paigaldamisest tingitud päästekaevamiste objektidel paljandunud ladestuste ja ehituslike fragmentide interpreteerimine objektiivsetel põhjustel keerukas, sest pikkade ja sageli üle varasema hoonestuse müüride kulgevate kaevandite laius on vaid ühe meetri piires. Nimetatud põhjustel üleskerkivatest probleemidest on georadari abil suhteliselt lihtsalt lahendatav just linnakvartalite ja kivist ehitiste asukoha kindlaksmääramine, samuti ka kultuurkihi võimaliku ulatuse ja esialgse loodusliku pinnareljeefi selgitamine. Samas jääb aktuaalseks raadiolainete abil saadava andmestiku objektiivne interpreteerimine ja sobitamine arheoloogilisse konteksti.

KIRJANDUS

- Aruanne 1995. = Maatukaluaustatutkimusraportti Pärnu arkeoloogiset kohteet, Pärnu, Estonia. Geo-Work OY LKK30/24. 8. 1995.
- Bradley, J., Fletcher, M. 1995a. A simple, statistically based method for the analysis of ground probing radar data. – <http://www.soc.staffs.ac.uk/research/groups/cag/index.html>*
- Bradley, J., Fletcher, M. 1995b. Extraction and visualisation of information from ground penetrating radar surveys. – <http://www.soc.staffs.ac.uk/research/groups/cag/index.html>*
- CAA 95 = Interfacing the Past. Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology. Three Days International Conference. Leiden, The Netherlands, 31 March – 2 April 1995. Archaeometry (theses). – <http://archweb.leidenuniv.nl/caa95/caa95.html>*
- Erffboeck = Laakmann, H. (toim.). Das Erbebuch von Neu Pernau 1543. – Sitzungsberichte der Altertumforschenden Gesellschaft zu Pernau, IX. 1926–1929. Pernau, 1930, lk. 25–120.
- Fowelin, I. 1844. Charte von dem Weichbilde der Kreisstadt Pernau. Gemessen im Jahre 1844 durch den geschworenen Landmesser I. Fowelin. – Pärnu Muuseumi kaardikogu, viitenumbrita.
- GPR 1992 = Saarenketo, T. (toim.). Geophysical Research Methods. Ground Penetrating Radar. The Finnish Geotechnical Society, The Finnish Building Centre Ltd.
- Imai, T., Sakayama, T., Kanemori, T. 1987. Use of ground-probing radar and resistivity surveys for archaeological investigations. – Geophysics, 52, 2, lk. 137–150.
- Kinnisturaamat = Martin, A., Nurmekund, P. (koost.). Vana-Pärnu kinnisturaamat 1451–1599. Eesti NSV Arhiivide Peavalitsus, Tartu, 1984.
- Laakmann, H. 1956. Geschichte der Stadt Pernau in der Deutsch-Ordenszeit (bis 1558). – Wissenschaftliche Beiträge zur Geschichte und Landeskunde Ost-Mitteleuropas: herausgegeben vom Johann Gottfried Herder-Institut. Nr. 23. Marburg am Lahn.
- LG = Bruiningk, H. v., Busch, N. (toim.). Livländische Güterurkunden (aus dem Jahren 1207 bis 1500), I. Jonck & Poliewsky, Riga, 1908.
- Lynthem = Hausmann, R. (toim.). Denkwürdigkeiten des Bürgermeisters von Pernau Johann von Lynthem, aus dem Jahren 1519–1526. – Sitzungsberichte der Altertumforschenden Gesellschaft zu Pernau (1903–1905), IV. Pernau, 1906, lk. 139–176.
- Rußwurm, C. 1880. Nachrichten über Alt-Pernau. Lindfors, Reval.
- Trummal, V. 1956. Aruanne Tartu linnuse kaevamistest 1956. a. 9.–31. juulini. Käsikiri Tartu Linnamuseumis, TM 221/271.
- Volmer, O. 1970. Kaevamised Vana-Pärnu toomkiriku vundamentide lokaliseerimiseks. Aruanne. Käsikiri Pärnu Muuseumi arheoloogilaboris, viitenumbrita.
- Vunk, A. 1994. Excavations in the New-Pernau quarter of artisans. – Eesti TA Toim. Humanitaariaja Sotsiaalteadused, 43, 1, lk. 60–67.

* Viide internetile.

ARCHAEOLOGICAL SURVEYS USING GROUND PENETRATING RADAR IN PÄRNU AND TARTU

Rünno VISSAK and Aldur VUNK

Ground penetrating radar (GPR) was used to study cultural layers and to locate buried remains of medieval constructions in Pärnu and Tartu. The method was found promising because numerous rescue excavations are under way in Estonian towns. The results of these excavations are sometimes very fragmentary. We studied the possibility of a combined use of the archaeological and radar investigation data.

The first GPR surveys were carried out in the Suur-Jõe quarter of Pärnu, partly on the sites of earlier excavations. The obtained data were compared with earlier archaeological results. Through this the links between radar profiles and fixed archaeological strata were found. The distribution area of the archaeologically found cultural layer was detected by radar. Vana-Pärnu suburb was studied with GPR and the sites of the following trial excavations were selected according to the images on radar profiles. The layers found by archaeological excavations and those determined by GPR mostly corresponded well. The thickness of cultural layers was up to 0.5 m. Some pottery kilns dating from the 13th and 14th centuries were found. Problems faced both in the analyses and during the excavations were connected with ground water. Radar investigations in Tartu were concentrated on the areas of medieval fortifications. The sites of the town wall and the bishop's castle were studied. At the site of the planned rescue excavations in Poe Street the remains of two stone walls were located. During the diggings the sites of the walls were confirmed and one more wall was discovered.

The analyses of radar data were mostly done by manual inspection and comparison of two or more records of neighbouring, parallel, or crossing transects. This method of analyses failed in the sites with complicated situations where some other, computer-based statistical method should be used.

О ВОЗМОЖНОСТЯХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЕОФИЗИЧЕСКОГО РАДАРА В ЦЕЛЯХ ВЫЯВЛЕНИЯ КУЛЬТУРНОГО СЛОЯ ГОРОДОВ НА ПРИМЕРЕ ПЯРНУ И ТАРТУ

Рюнно ВИССАК, Алдур ВУНК

В статье описаны геофизические и археологические исследования, проведенные в целях выявления средневековых слоев и остатков каменных конструкций в культурном слое городов. Попытки использования грунтопроникающего радара в археологических целях были предприняты в Эстонии впервые. Результаты раскопок и данные радарных измерений по городскому кварталу Суур-Йыэ в Пярну были подвергнуты сравнительному анализу. Благодаря радарным исследованиям на территории Старого Пярну были обнаружены наиболее подходящие места для пробных раскопок. В частности, был найден слой с отдельными фрагментами средневековой керамики толщиной до 0,5 м. Исследование с помощью радара средневековой территории оборонительных сооружений в Тарту позволило выявить местонахождение некоторых каменных конструкций.