

# Saviressursi valdkonna tasuvusanalüüs

---

**Tellija: Setomaa Valdade Liit ja Ape vald,  
Eesti-Läti koostööprojekti „BUY LOCAL”  
raames**

Tartu 2011

**KOOSTAJAD:**

**Kaire Vahejõe**, Teadur, *MSc.*, Eesti Maaülikool, majandus- ja sotsiaalinstituut

**Jüri Krusealle**, Dotsent, *PhD.*, Eesti Maaülikool, majandus- ja sotsiaalinstituut

# 1. Savi omadused, keraamiline mass ja keraamika

## 1.1. Savi mõiste ja omadused

Savi on maailma levinuim ehitusmaavara. Savi koosneb peamiselt savimineraalidest, mille osakeste suurus on alla 0,01 mm. Savi iseloomulik tunnus on plastilisus ja voolitavus. Põletamisel omandab plastne mass kivimile omase kõvaduse.

Saviks nimetatakse peeneteralisi polümineraalseid segusid, mis koos veega moodustavad plastilise massi, säilitavad peale kuivamist sellele antud vormi ja peale põletust muutuvad kiviõvaks. Savi keraamilise massi koostisel on kaks põhifunktsiooni: savi annab massile plastilisuse ja põletamisel savi tiheneb kuni paakumiseni. Savid koosnevad saviollusest ja lisanditest (kvartsi, lubjakivi, kips, rutiil, rauaühendid, orgaanilised ühendid ning naatriumi, kaaliumi, magneesiumi ja kaltsiumi lahustuvad soolad). Saviollus omakorda koosneb ühest või mitmest savimineraalidest, milleks on peamiselt illiit, montmorilloniit ja kaoliniit. (Rohlin 2003)

Savid on tekkinud kivimite lagunemisel. Plastilise vormi saavutavad savid loodusliku moondumisprotsessi tagajärjel. Savide algkivimiteks loetakse graniiti, trahiiti, sieniti ja porfüüri. Kivimite lagunemine on põhjustatud mehaanilistest ja keemilistest teguritest. Mehaanilist lagunemist on põhjustanud maapinna temperatuuri kõikumised, sademed, üleujutused, tuul, atmosfääri hapendav mõju. Vee lahustav mõju suureneb koos süsihappegaasiga. Kivimite lagunemise korral põllupao ränihapuleheline laguneb süsihappet sisaldavas vees ja kandub koos veega eemale, järele jääb lahustamata saviollus. Algkivim kaotab oma kõvaduse ning muutub kergesti pudenevaks massiks, millesse jäävad lagunemata kvartsi ja vilgukivi osakesed, lagunemata algkivi osakesed (raua-, kaltsiumi- ja magneesiumihapend). Savi saavutab oma keemilised ja füüsikalised omadused veega ära uhtumise ning uuesti settimise tagajärjel. Selle protsessi käigus tekib savi struktuuri peenendumine. (Jakó 1933)

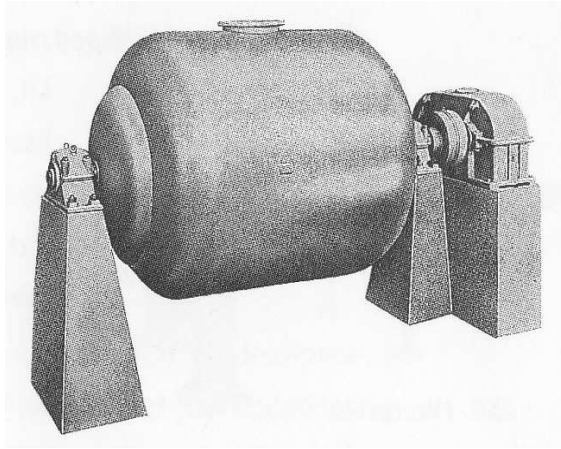
Lisaks kujundab savi tekkimist orgaaniline lagunemine, mis tuleneb elusorganismide tegevuse ja säilmete tulemusena tekkinud süsiniku- ja lammastikuühenditest – huumusest. Humiinhapped lahustavad alumosilikaate. (Rohlin 2003) Savisordid jagunevad kaheks: primaarsed ja sekundaarsed. Primaarsed savid on tekkinud samas asupaigas. Savide struktuur on jämedateralisem ning koostis puhtam. Tüüpilised primaarsed savid on kaoliin ja bentoniit.

Sekundaarsed savid on voolava vee, jääliustike ning tuule toimel kokkukantud saviainese settimise tulemus. Savid on peeneteralised ja lisanditega ning ladestunud madalamatesse piirkondadesse. Sekundaarsed savid jagunevad omakorda: tulekindlad savid, raskestisulavad savid ja kergestisulavad savid. (Rohlin 2003) Savidel on mitmeid omadusi. Savi plastilisus on tema võime moodustada koos veega taignataolist massi, millele on võimalik anda mistahes vorm. Antud vorm säilib kuivamisja põletusprotsessis muutumatult. Sidumisvõime on savi omadus siduda enesega mitteplastiliste materjalide osakesi (põldpagu, šamott, räniliiv jne), misjärel säilivad savi plastilised omadused, säilib ka savi mehhaaniline tugevus peale kuivamist ja põletamist. Savi paisub vee tungimisel saviosakeste vahele, eemaldub õhk ning saviosakesed suurenevalt mahult vett imades, lisaks eraldub soojus. Savist vormitud toodete mõõtmed vähenevad peale kuivatamist ja põletamist, mis on tingitud vee aurustumisest savi kuivamisel, millega kaasneb saviosakeste tihenemine ning pooride täitmine õhuga. Põletamise käigus toimub omakorda teistkordne kahanemine. Tulekindlus on savide omadus säilitada neile antud vormi kõrgel temperatuuril kuni paakumiseni (sulafaasi tekke alguseni). Paakumine tähendab savi maksimaalset tihenemist, millele järgneb savi sulamise faas ning klaasja materjali moodustumine. Savid koosnevad teralistest osakestest ehk graanulitest. (Rohlin 2003)

## **1.2. Keraamiline mass ja keraamika**

Savi on hõlpsasti kaevandatav, kuna savikihid enamasti ei asu väga sügaval pinnakatte all (0,3-15 meetrit). Suuremaid koguseid kaevandatakse ekskavaatoritega, väiksemaid on otstarbekam käsitsi kaevata, sellega tagatakse ka savimaagi parem kvaliteet. Kaevandatud savimaaki võib hoida lahtise taeva all selleks kohandatud laoplatsil või basseinis aastaringselt, kuna temperatuuri kõikumine muudab savi plastilisemaks. Siseruumi on soovitatav paigutada vaid kaoliin ja valge kvartsi. Kuna savimaak sisaldab kuni 30% vett, on hädavajalik läbi viia maagi kuivatamine 5-10%-lise niiskusesisalduseni. Parim kuivatustemperatuur on 110°-120°, sellest kõrgemal temperatuuril hakkab savi kaotama om plastilisust. Tükeldamist ja peenendamist vajavad kõik keraamiliste masside toorained. Savimaagi puhul lastakse tavaoludes eelnevalt kuivatatud ja tükeldatud savil vees liguneda ning seejärel uhutakse ja sõelutakse läbi erineva tihedusega sõelte. Sõelale jäänud jääk on tavaliselt liiv või kruus. Saadud savimass jäetakse seisma ning aja jooksul eemaldatakse pealekerkinud veekiht. Ideaalne on kasutada keraamilise massi lõplikuks peenendamiseks ja nende omavaheliseks

segamiseks kuulveskit (vt joonis 1), mis kujutab endast ümber oma telje keerlevat silindrilist või koonusetaolist trumlit. (Rohlin 2003)



**Joonis 1.** Kuulveski. (Rohlin 2003)

Kuulveskis või settimise tulemusena peenendunud ja seejärel sõelutud savimass ei ole veel keraamiline mass. Valumassi puhul on soovitatav saadud savi mass kuivatada ning alles seejärel koos vajalike lisanditega ja ettenähtud veega kokku segada. Mitteplastiliste matejalide peenendamisel on otstarbekas need enim veskis peeneks jahvatada ja alles seejärel savi lisada ning korralikult koos veskis läbi segada. Peale seda peab segu laagerduma vähemalt 2-5 ööpäeva. Kui savimass sisaldab elektrolüüte, võib seda peale laagerdumist kasutada valmis valumassina. Savimassi, mis ei sisalda elektrolüüte, kasutatakse pooltoodanguna vormimismassi valmistamiseks. Plastiline vormimismass saadakse valumassi liigse niiskuse eraldamise teel. Käsitöenduslikult kuivatatakse seda soojas kuivas ruumis kipsvannides või vanades kipsvormides. Pottsepatöökodades täideti linasest kangast kotid valumassiga ning asetati pressi alla. Keraamatööstuses kasutatakse vee eraldamiseks filterpressi. Kvaliteetse vormimismassi saamiseks tuleb tahenenud massist eraldada õhk ning vajaduse korral mass ühtlustada. Tavaoludes piisab selleks massi käsitsi läbisõtkumisest, keraamatööstuses suunatakse töödeldav mass vaakumpressi, kus koos õhu eraldamisega toiu massi teistkordne ja lõplik läbisegamine ja ühtlustamine. Valminud vormimismassi on soovitatav lasta seista enne kasutamist. Mida kauem mass laagerdub, seda paremad on selle plastilised omadused. Valmistatakse ka pulbermassi, mida toodetakse savimassi tsentrifugaalse töötlemise teel vastavates kuivatites või õhkuiva vormimismassi jahvatamise teel. (Rohlin 2003) Keraamilisist massi on võimalik tehnikult värvida, viies massi koostisse mitmeid metallioksiide ning nende alusel valmistatud värvipigmente. Värv intensiivsus sõltub savi liigist, põletustemperatuuri kõrgusest ning värviva komponendi kogusest. Reeglina on

kõrgemal temperatuuril põletatud värviline mass tumedam, toonilt intensiivsem ning pealispinnalt küpsem. Valge savi alusel on võimalik välja kujundada rikkalikumat värviskaalat. Värvilisi masse kasutatakse kõrgkuumuskeraamikas baasmassina ja mitmesugustes tehnikates (inkrustatsioon, aplikatsioon, nerikom, neriaaž jt). (Rohlin 2003)

Valmistatakse kolme keraamilist massi: vormimismass ja treimismass, valumass ning stantsimismass. Vormimismassi valmistatakse heade plastiliste omadustega savist, millele lisatakse reeglina šamotti, erandjuhtudel ka jämedakoelist lahjat savimaaki. Peeneteralist või jämedateralist šamotti lisatakse 20-50%. Plastilisuse suurendamiseks ka 2-3% betoniiti. Savi kergemaks muutmisel võib lisada ka peenendatud orgaanilisi lisandeid, mis põletuse käigus ära põlevad ning savi urbseks ja kergemaks jätavad. Veesisaldus vormimismassis on 25%. Treimismass valmistatakse väga plastilistest savidest, millele lisatakse minimaalses koguses mitteplastilisi materjale (8-10% keskmise jämedusega šamotti ning sama kogus räniliiva või põldpagu). Saviollus peab treimismassis sisalduma 70-80%. Veesisaldus masintreimise puhul on 20% ja käsitreimise puhul 25-30%. Valumassi kasutatakse keerukama kujuga või õhukeseseinalise seeriaviisiliseks valmistamiseks valumenetluse teel. Valumassile sobivad paremini puhta koostisega ning kõrgema sulamistäpiga savid. Veesisaldus selles on 50-60%, mida võib vähendada elektrolüütide ehk deflokulantide lisamise teel vähendada 30-35%-ni. Deflokulandid soodustavad saviosakeste üksteisest eraldumist, millega on võimalik muuta mass voolavaks vähese vee lisamisega. Massi vähendatud veesisaldus võimaldab muuta tooted sitkemaks ka toores olekus, aeglustada valuprotsessi, säästa kipsvorme liigsest märgumisest ja pikendada nende kasutamist. Defokuleeritud massi puhul jääb toodete sisepind ühtlaseks ja siledaks. Flokulandid muudavad valumassi paksemaks ning aitavad settimist vältida. Stantsimismass on plastiline ja teraline ning võib olla kuiv või poolkuiv. Tooteid vormitakse mehhaanilise surve all. Stantsimismass valmistatakse tavaliselt väheplastiliste savide alusel. (Rohlin 2003)

Keraamika valmistamine algab savimassi vormimisega. Keraamikas kasutatakse kolme vormimisviisi: valamine, plastiline vormimine ja pressimine ehk stantsimine. Valamise puhul eristatakse avavalu ehk tavaline valu, umbvalu ehk kahepoolne valu ning segavalu ehk avavalu ja umbvalu koos kasutus. Avavalu on enam levinud menetlus, õhukeseseinaliste ja enamasti keeruka konfiguratsiooniga toodete seeriaviisiliseks valmistamiseks. Avavalu puhul puutub valuvormiga kokku vaid vormi valatava eseme välispind ehk eseme valusein moodustub ühelt poolt vastu kipsvormi pinda, teine pool moodustub vabalt. Umbvalu on vähem levinud menetlus, enamjaolt paksemaseinaliste toodete seeriaviisiliseks

valmistamiseks. Umbvalu menetlusel on valuvormiga vahetus kokkupuutes nii valatava eseme sisepind, kui ka välispind ehk eseme valusein moodustub mõlemalt poolt vastu kipsvormi pinda. Surve (rõhu) all teostatud umbvalu nimetatakse survevaluks. Segavalu valamine toimub kipsvormidesse. Valuvorm, mis sõltuvalt toote keerukusest võib koosneda paarist kuni paarikümnest osast, liidetakse kokku ning seotakse kinni kummivooliku või kummiribaga. Seejärel valatakse vormi savimass. Kipsvorm hakkab niiskust imama ning vormi seintele tekib tahananud, hangunud massist ühtlane ja pidevalt paksenev kiht. Savimassi tase alaneb ning seetõttu tuleb uut savimassi kogu aeg juurde valada. Valamine toimub nii kaua, kuni on saavutatud soovitud eseme paksus. Seejärel valatakse ülelliigne savimass vormist välja, soovitatav on vormi mõni aeg kummuli hoida, mis soodustab massi lõplikku väljavalgumist. Vormimine jaguneb: vaba modelleerimine, vormimine kipsvormide abil ning treimine. Vaba modelleerimise puhul vormitakse õõnesnõu või skulptuur käsitsi vormi kasutamata. Levinumad võtted on: eseme väljapigistamine (-pressimine, -muljumine) savitombust, eseme modelleerimine saviribade (-paelte, - lintide) kokkukleepimise teel (nn. kerimismeetod) ja eseme modelleerimine saviplaatide kokkukleepimise teel. Vormimine kipsvormide abil on sobilik õõnesvormide, skulptuuride, reljeefide, plaatide jms. seeriaviisiliseks valmistamiseks. Vormi topitakse ühtlane kiht keraamilist massi, mis eemaldatakse peale toote tahananemist. Treimise puhul on eseme vorm sõltuvuses treiratta pöörlemisest. Käsitreimine on iidne keraamika vormimise viis, milleks kasutati potiketra. Tänapäeval kasutatakse peamiselt elektrilist potiketra, mis vähendab füüsilist koormust ning suurendab keskendumist käte tööle. Stansimise teel vormimine on levinud peamiselt tehnilise ja ehituskeraamika ning tarbekeraamika masstootmisel. (Rohlin 2003)

Pärast vormimist peab saviesemeid kuivatama, et kõrvaldada põletamisel takistavalt mõjuvat niiskust. Savimassi niiskus oleneb veest, mida lisatakse toormaterjalide pehmendamiseks. Savimassi vormimisel väheneb niiskus, eriti kipsvormide kasutamisel. Vesi aurab saviesemetel peamisest pinnast, sisemusest tungib vesi järk-järgult pinnale. Seetõttu kuivavad nurgad, kanded ja õhemad pinnad kiiremini, mis võib põhjustada eseme pragunemist. Seetõttu on soovitatav ese vormida ühepaksuselt või kuivatamiselt õhemad kohad katta, et kogu ese kuivaks ühtlaselt. Õhutõmme ja päikesevalgus võivad põhjustada mitteühtlast kuivamist, vormimuutust või pragunemist. Keraamatööstuses kasutatakse kinniseid kuivatusruume ja – kambreid. (Jakó 1933) Kooli tingimustel asetatakse esemed kuivama samasse vormimisruumi. Kuivatatud saviesemeid põletatakse, et muuta savi kõvaks, väliskeskkonna mõjudele vastupidavaks ja veekindlaks. Põletamata keraamilist massi on pärast kuivatamist võimalik

vee lisamisega taas plastiliseks muuta. Pärast põletust, tänu põletuse käigus toimunud muutustele keraamilise massi struktuuris, on see aga võimatu. Eristatakse nelja põletusviisi: eelpõletus, ühekordne põletus, dekoorpõletus ja glasuurpõletus. Eelpõletuse korral põletatakse õhkkuiivaks kuivatatud keraamilised esemed enne nende glasuurimist. Ühekordset põletust kasutatakse terrakotatoodete ja kiviõliikide (savi- ja soolaglasuuriga kaetud tooted) ainukordseks põletuseks. Dekoorpõletuse puhul kinnistatakse põletuse käigus glasuurile glasuuripealsete värvidega maaling või kaetakse ese teistkordse glasuurikihiga ja teostatakse põletus madalamal temperatuuril, et takistada alusglasuuri sulamist. Glasuurpõletus on eelnevalt ettepõletatud ja seejärel glasuuritud toodete põletus, mille käigus moodustunud glasuur kinnistub tootele. (Keraamika 2009) Glasuurimine on keraamilise toote valmimisel olulisimaid etappe. Glasuurimisel tehtud vead võivad annulleerida kogu eelneva töö. Glasuuriga kaetud eseme kvaliteedi üle saab otsustada peale põletust, siis on aga enamikul juhtudel võimatu tulemust parandada. Seetõttu nõuab glasuurimine suuri kogemusi ja head materjalitundmist, et ennetada ebaõigetest tövõtetest põhjustatud glasuuridefekte. Enne glasuurimist tuleb tooted hoolikalt puhastada tolmust, kasutades selleks võimaluse korral kompressorit või tolmuimejat. Tolmuvabad esemed puhitakse üle niiske käsna. Glasuur kantakse toodetele pintsliga, sissekastmis- või ülevalamismeetodil või pritsimise teel. Pintsliga pealekandmist kasutatakse väikesemõõduliste esemete puhul. Sissekastmis- ja ülevalamismeetodil on võimalik tooteid katta ühtlase glasuurikihiga ja vähese ajakuluga. Glasuur peab sel juhul olema valmistatud suuremas koguses. Glasuure pritsitakse pulverisaatori ehk pihusti abil, mis on ühendatud kompressoriga ning töötab suruõhu toimel. Savist esemed on asetatud tõmbekapis olevale pöörlevale alusele. Pritsimismeetodil tuleb arvestada glasuurikaoga, kuid samas on võimalik suhteliselt väikese koguse glasuuriga ese üleni ära glasuurida. Glasuuri õnnestumine sõltub glasuurikihi paksusest. Osad glasuuriliigid võivad olla toodetel õhema, teised paksema kihina. Eseme põhi või põhjarant peab jääma glasuuriga katmatuks. Soovitav on see enne glasuurumist üle võõbata kuuma vaha või parafiiniga, et vältida glasuuri kinnitumist sellesse piirkonda. (Rohlin 2003)

Savi põletamiseks kasutatavad ahjud jagunevad küttematerjali või energia liigi järgi (puuküte, õliküte, gaasiküte, kivisöeküte, lõkkepõletuse küte, elektri- ja päikeseenergia), töötamisperioodi järgi (perioodiline või pidev), ahju ehituse ja tõmbe järgi. (Keraamikapõletusahi 2009)

Keraamika jaguneb põletamistemperatuuride järgi madalkuumus- ja kõrgkuumuskeramikaks. Madalkuumuskeraamika puhul toimub põletamine kuni temperatuurini 1150 °C, mille



tulemusena saadakse urbse killuga tooted, mis muudetakse glasuurpõletusega vettpidavateks. Madalkuumuskeraamika alla kuuluvad primitiivkeraamika, majoolika, pottsepakeraamika, lubjafajanss. Madalkuumuskeraamikat viljeletakse põhiliselt erinevate glasuurvärvide rohkuse tõttu. Kõrgkuumuskeraamika põletamine toimub temperatuurivahemikus 1150-1500 °C. Kõrgkuumuskeraamika alla käivad kivinõud, fajanss, portselan, kuumuskindlad nõud. Tooted on paakunud killuga, mis peavad vett ka glasuurpõletuseta. Kõrgkuumuskeraamika on vastupidavam, kuid esineb vähem erinevaid glasuurvärve. (Rohlin 2003)

### 1.3. Keraamika toodete liigitamine

#### 1. Liigitamine põletatud keraamilisele massile omase struktuuri ja värvuse põhjal:

*Pottsepis* - pottsepatooted (nimetatakse ka jämedaks või talurahvakeraamikaks) – kergesti sulavast ja enamjaolt ehedast savist valmistatud poorsed tooted, mis on põletatud temperatuuril 850°-1000° C ning võivad olla kaetud angoobide ja lihtsa koostisega toorglasuuridega (näiteks plii- ja saviglasuurid); siia alla kuulub ka primitiivkeraamika;

*Madalkuumuskeraamika* - mitme lisandiga vääristatud keraamilisest massist vormitud tooted, mis on põletatud temperatuuril 900°-1100° C ning kaetud väga eritüübiliste glasuuridega (siia alla kuuluvad ka lubjafajanss, majoolika ning raku);

*Lubjafajanss* - lubjarikkast savist valmistatud poorsed tooted, mis on kaetud valge katva tinaglasuuriga, enamjaolt kaunistatud glasuuripealse maalinguga ning põletatud temperatuuril 950° – 1000° C, tüüpiliseks esindajaks on Delfti fajanss;

*Majoolika* - rauarikkast savist valmistatud poorsed tooted, mis on kaetud valge katva tinaglasuuriga, kaunistatud glasuuripealse maalinguga ning põletatud temperatuuril 900°-1050° C, tüüpiliseks esindajaks on Itaalia majoolika;

*Raku* - eripõletuse läbi teinud lahjast massist urbsed tooted;

*Šamott-tooted* - tulekindlast savist poorsed tooted, mille koostisse kuulub põletatud savikillustik šamotipuru näol ning mis põletatakse tavaliselt temperatuuril 1150°-1300° C;

*Kuumuskindel keedunõu* – urbsest, tavaliselt šamoti- või talgirikkast massist valmistatud ja termilist šokki taluvad tooted, mis on põletatud temperatuuril 1160°-1300° C (erandjuhul ka madalamal t°) ning mida kasutatakse nii toidu valmistamiseks kui ka serveerimiseks;

*Peenfajanss* -heledast või valgest savist poorsed tooted, mis on põletatud temperatuuril 1120°-1280° C ning kaetud läbipaistvate või spetsiifiliste fajanssglasuuridega;

*Klinker* -värvilisest massist valmistatud tihedad paakunud ja glasuuriga katmata tooted, mis on põletatud temperatuuril 1150°-1350°C;

*Kivinõu* -halliks või pruuniks põlevast savist tihedad, paakunud tooted, mis on põletatud temperatuuril 1150°-1350° C ning kaetud eritüübiliste glasuuridega (soola-, savi-, tuha-, põldpao- jt. glasuurid);

*Portselan* - kõige kvaliteetsem keraamikaliik, valgest savist tihedad happe- ja ilmastiku-kindlad, teatud liikide puhul poolläbipaistvad tooted, mis on enamjaolt kaetud läbipaistva glasuuriga, põletatud temperatuuril 1250° – 1500° C ning vajadse korral kaunistatud glasuurialuste või -pealsete värvidega. Portselantooted võib katta ka väga eritüübiliste glasuuridega;

*Tulekindel keraamika* - tulekindlast savist tihedad, paakunud tooted, mis on põletatud temperatuuril 1350° -1500° C.

See liigitus on küllaltki tinglik. Igal tooteliigil on omakorda alajaotusi, sageli on liigid omavahel segunenud, sellest tekivad vahevariandid jne.

## **2. Liigitamine keraamiliste toodete funktsiooni põhjal:**

*Tehniline keraamika* - tulekindel ning elektro- ja raadiotehniline keraamika, mida kasutatakse paljudes tööstusharudes ja seadmetes selle materjali tulekindluse ja isolatsiooniliste ning elektriliste omaduste tõttu. Tulekindlaid detaile rakendatakse tööstuslikes ahjudes ja agregaatides, mis töötavad kõrgel temperatuuril, tuumareaktorites, kosmosetehnikas, autotööstuses jm. Elektrotehnilist keraamikat vajavad elektrijaamad, elektrimootorid ja elektroonikatööstus (arvutid, raadiod jne).

*Ehituskeraamika* - keraamilised tooted ja materjalid, mida kasutatakse ehitiste, teede, kanalisatsiooni- ja drenaaživõrkude ning teiste sellelaadsete tehnoarajatiste ehitamisel. Tuntuimad on järgmised tooteliigid:

- \* *tellis* - täis- ja kärgtellis, fassaaditellis, klinkertellis jne;
- \* *katusekivid*;
- \* *ahjukahlid (ahjupotid)* - ahjude ja kaminat välisvooderduseks;

\* *seina- ja põrandakatteplaadid* - ehitiste sise- ja välispindade katmiseks;

\* *kanalisatsioonitorud* - roiskvee ära juhtimiseks.

*Keemiatööstuse keraamika* - keraamilised tooted, mis peavad vastu hapete ja gaaside toimele ning on hõõrdumis- ja survekindlad - ventilaatorite ja pumpade detailid, gaaside ja vedelike ärajuhtimise torud, laboritarbed jne.

*Sanitaar-meditiiniline keraamika* - keraamilised sanitaarseadmed (vannid, kraanikausid jmt.) ning laboritarbed. Meditsiinis kasutatakse keraamikat nii hamba- kui ka luuproteeside valmistamisel.

*Keraamika kunstiteose ja -tootena* - vabakunstis, tarbekunstis, arhitektuuris ja disainis.

## 2. Keraamika näidiskalkulatsioon

### 2.1. Keraamika väiketöökojaga alustamine

Antud uurimuses tuuakse välja väike keraamika (keraamika kunstiteosena ja –tootena) tootmiseks mõeldud näidiskalkulatsioon ja esmaste tarvikute ja seadmete kirjeldus, mida on vaja alustamiseks. Kuna kunstikeraamika tootmine ei vaja nii palju ressursse kui ehituskeraamika tootmisega ja saviehitusega alustamine.

#### **Ruum**

Keraamatöökoja ruumile erilisi nõudmisi pole. Soovitav on, et põrandad oleks kaetud kergesti puhastatava kattega. Tööruumi suurus sõltub töökoja profiilist. Tööruum ja ahjuruum peaksid asuma soovitavalt eraldi ruumides, et vältida keramika põletuse ajal õhku lenduvate kahjulikke ainete sissehingamist. Ahjuruumi minimaalne suurus peaks olema 6 m<sup>2</sup> (3x2m) ja seal peaks olema hea väljatõmbeventilatsioon kas tsentraalsesse süsteemi või läbi seinat välja.

#### **Riulid**

Keraamatöökojas on riulid vajalikud nii materjalide ja tööriistade hoidmiseks, kui saviesemete kuivatamiseks. Saviesemete kuivatamiseks on sobilikud tugevad, hõreda konstruktsiooniga puitriulid. Hõre konstruktsioon võimaldab õhu liikumist ja võimaldab saviesemetel ühtlaselt kuivada.

Kuna keraamika valmistamise protsess nõuab aeg-ajalt saviesemete ümberpaigutamist (töölaualt riulisse, hiljem ahjuruumi lõppkuivatusele ja põletusse, sealt jälle tööruumi glasuurimisele jne), on otstarbekas esemete tõstmiseks kasutada vineerist või puidust aluseid.

#### **Töölauad**

Töölauad peaksid olema tugeva konstruktsiooniga ja kergestipuhastatava kattega. Saviga töötamisel on soovitav kasutada ka voolimisaluseid. Selleks sobivad vettimavad plaadid (vineer, puitlaastplaat, valatud kipsplaat). Alused aitavad vältida savi kleepumist tööpinnale.

## **Setiti ja kraanikauss**

Keraamatöökotta sobib kahe osaga suurem kraanikauss. Savijääke sisaldava pesuvee eelpuhastamiseks on hädavajalik kraanikausi ja kanalisatsioonisüsteemi vahele paigaldada mitmekambriline setiti. See väldib kanalisatsioonisüsteemi ummistumist savi- ja glasuurijääkide tõttu.

## **Keraamikaahi**

Keraamika ahju valimisel peaks silmas pidama esmalt ahju suurust (töömaht) ja põletuskoormust ning saadaolevat elektritoidet (kas on tööstusvool). Ostmisel tuleks jälgida kontrolleri ja ahjuvarustuse (riiulid, vahepostid) olemasolu ja sobivust rakendusega (keraamika, klaas).

- Pealtlaetavad ümarahjud mahuga 30-300L. Need ahjud sobivad nii hobikeraamikutele kui väiksematesse savikodadesse. Sobiv madala ja keskmise põletuskoormuse korral.

- Eestlaetavad kamberahjud 50-250L. Selliseid ahjud sobivad suurema põletuskoormuse korral ning kui on vaja suuremat ahju. Suuremahulist eestlaetavat ahju (suurem kui 150 (200) liitrit) on võrreldes pealtlaetavaga mugavam pakkida. Küttekehad (spiraalid) võivad olla paigaldatud pesadesse või keraamilistele torudele. Torudele paigaldatud küttekehadel on veidi pikem tööiga, kuna need ei vaju ajapikku längu. Ühtlasema soojuse jaotuse tagavad ahjud, mille küttekehad asuvad 5 küljes - see on kriitilisem just suurema mahuga ahjude korral. Kamberahjude eeliseks on ka parem soojusisolatsioon.

**Olenevalt kasutatavast tehnikast on tarvis veel:** potikeder, rullpress, savi rull, silmusraud, lõiketera, puhastusraud, voolimispulgad, tross, švammid, spaatlid, glasuurimispintslid, angoobimaali pipetid jm tööriistad.

**Savid** - porteslansavi, voolimissavi, treimissavi, erinevat värvi savid jne.

**Angoobid** - angoob on niiskele, õhkuivale või ettepõletatud saviesemele kantav vedel keraamiline mass. Läike sügavama tooni saavutamiseks kaetakse angoob läbipaistva glasuuriga.

**Glasuurid** – kõrgkuumusglasuurid, madalkuumusglasuurid

## 2.2. Näidiskalkulatsiooni koostamine

Kulude arvestamisel on kulusid liigitatud käitumuslikust aspektist (st reageerimise alusel tegevusmahu muutumisele) püsikuludeks ja muutuvkuludeks.

1. **Püsikulud** - tinglikult püsivad kulud, ei ole võrdelises sõltuvuses toodangu mahu muutusega (amortisatsioon, kapitaliprotsent, hooldus – ja remondikulud, kindlustus, maamaks jne). Püsikulude kogusumma suurus ei sõltu tootmistegevuse mahust, vaid jääb toodangumahu suurendamisel teatud tasemeni püsivaks. Tootmise laiendamiseks sellest tasemest enam tuleb tootmisvõimsusi suurendada, seega suurenevad ka püsikulud. Põhivara kasutamise seotud kulud on samal tasemel ka siis, kui tootmismahud on väike. Nende kulude katmise vajadusega tuleb arvestada ka juhul kui ei toodeta üldse midagi (näiteks maamaks, rendikulu jne).

2. **Muutuvkulud** - tootmiskulud, mille summa suurus muutub võrdeliselt valmistatava toodangu hulga muutumisega (materjalikulud, kütusekulu, elektrikulu, tulemuspalk jne).

**Amortisatsioon** ehk kapitali kutsutuskulu on varade hankeväärtusest ühele aastale tulenev osa. Amortiseerumiseks nimetatakse põhivahendite väärtuse vähenemist tema kasutamise käigus. Amortisatsioon on arvestuslik kulu ja see kantakse toodanguliigi kuludesse (omahinda) kaudseid meetodeid kasutades. Ettevõttes arvutatakse amortisatsiooni summa põhivara majandusliku kasutusaja põhjal.

$$\text{Amortisatsioon, } \frac{\text{€}}{\text{aastas}} = \frac{\text{Soetusmaksumus, €}}{\text{Kasutusaeg aastates}}$$

Põhiliseks tootmise efektiivsuse näitajaks on tootmise tasuvus ehk rentaablus. Rentaabel ehk tasuv tootmine tähendab seda, et ettevõtte katab toodangu valmistamiseks ja realiseerimiseks tehtud kulutused ning saab lisaks sellele kasumit. Kulude tasuvust iseloomustab kasumi (kahjumi) ja toodangu tootmiseks ja turustamiseks tehtud kulude suhe. Kulurentaablust arvutatakse järgnevalt:

Kulurentaablus iseloomustab tehtud kulutuste efektiivsust, näidates mitu senti kasumit saadi toodangu müümisel iga kulutatud euro kohta.

$$\text{Kulurentaablus, \%} = \frac{\text{kasum}}{\text{kulud}} * 100$$

Näidiskalkulatsioon koostati realselt toimiva keraamikatöökoja baasil, kus toodetakse ühe tootena savikausse pressimise ehk stantsimise vormimisviisil. Näidiskalkulatsioonis kasutatakse elektrilist põletusahju. Näidiskalkulatsioonis on aluseks võetud, et tootmine toimub aastas 6 kuul ja ühes kuus toodetakse 100 kaussi. Üks põletusprotsess kestab 10 tundi.

Näidiskalkulatsiooni teostamiseks koostati *MS Excelis* tabel (tabel 1), milles on kirjas keraamiliste kausside tootmisega seotud kulud, tulud ja kasum rahalises väärtuses. Kasum on leitud tulude ja kulude vahena. Kõik kulud ja tulud on esitatud eurodes. Palgakulu arvestamise aluseks on keskmine töötunni tasu põllumajandussektoris Lõuna-Eesti piirkonnas (Eesti Statistikaamet). Töötunnitasuks on koos maksudega 4,14 €/h.

**Tabel 1.** 100 kausi tootmise kulud, €

<b>KULUD</b>	<b>€</b>
<b>1. PÜSIKULUD</b>	
Palgakulu	82,8
Ruumide remont	13
Masinate hoolduskulud	13
Amortisatsioon	87
<b>Püsikulud kokku</b>	<b>195,8</b>
<b>2. Muutuvkulud</b>	
Materjalid	58,8
Põletamisega seotud elektrikulud	64
Muudeks töödeks vajalik elekter (sh üldelekter)	38
<b>Muutuvkulud kokku</b>	<b>160,8</b>
<b>3. Muud kulud</b>	
Transport	25
Telefon	20
Turunduskulud	13
<b>Muud kulud kokku</b>	<b>58</b>
<b>Kulud kokku</b>	<b>414,6</b>

Antud näites valmistatakse 100 kaussi, mis mahuvad korraga põletusahju. Palgakuluks on arvestatud kokku 20 töötunni maksumus. Kõige töömahukam on kausside pesemine, puhastamine ja glasuurimine (tabel 2).

**Tabel 2.** Töö ajatabel

Tööoperatsioon	Aeg, tundides
1. Segamine, pressimine, viimistlemine	7
2. Eelpõletuseks kausside ahju sisse ja väljaladumine	3
3. Pesemine, puhastamine, glasuurimine	7
4. Kausside paigutamine ahju ja sealt väljavõtmine	3

Ruumide remont ja hooldus oleneb kasutatavast hoone seisukorrast ja uudsusest. Seadmete remondi ja hoolduskulud olenevad samuti seadmete amortiseerumisest ja tüübist. Näidiskalkulatsioonis on nii hoonete kui seadmete hoolduskuluks 13 €.

Hoone sisustuse amortisatsiooniks on antud näidiskalkulatsioonis 11€/kuus. Sisustuse soetusmaksumuseks on arvestatud 640€, mis amortiseeritakse 10. aasta jooksul. Kuna tootmine toimub kuuel kuul aastas, siis ka amortisatsioon on arvestatud 6 kuule aastas.

Põletusahju maksumuseks on võetud 3196 €, mis amortiseeritakse 7 aasta jooksul ning samamoodi aastas kasutatakse seda ahju 6 kuul. Ühe kuu amortisatsiooni summaks kujuneb sellisel juhul 76€.

Kausside valmistamiseks kulub näidiskalkulatsioonis 300 kg savi, mille kuluks on 28,8 € (tonni hind on 96€/t, kasutatakse kohalikku savi). Saja kausi valmistamiseks kulub 3 kg glasuuri hinnaga 10€/kg.

Põletamise elektrikulud on arvestatud keskmiselt 64€ kahe põletuskorra kohta. Ülejäänud tööoperatsioonideks vajalik elekter koos üldelektriga on arvestatud 38€.

Transpordi-, turundus- ja telefonikulud olenevad tootmishoone asukohast, valitud turustuskanalist ja tööde organiseerimisest.

Näidiskalkulatsioonis on arvestatud 100 kausi kogukuludeks (püsikulud+muutuvkulu+muud kulud) kokku 414,6€, ehk 4,146 € ühe kausi kohta.



Müügikõlbulikke kausse on 80. Praagiks on arvestatud 20%, ehk 100 kausist 20 kaussi läheb praaki. Ühe kausi müügihinnaks on arvestatud 6€, tuludeks on sellisel juhul 480€.

**Tabel 3.** Savikausside tulud, kasum ja tasuvus

Kulud kokku, €	414,60
Tulud kokku, €	480
Kasum, €	65,40
Tasuvus, %	15,77%

Kasumiks kujuneb näidiskalkulatsioonis 100 kausi toomisel 65,40€ ja tasuvuseks on 15,77%. Kui kausside kuu toodangut suurendada, siis püsikulude summa ühiku kohta väheneb, mis tähendab, et eeldatav kasum suureneks, juhul kui kausside müügihind jääb samaks ja sisendite hinnad ei muutu.

Kasutatud kirjandus:

Jakó, G. 1933. *Eesti savitöösturite käsiraamat*. Riigi Kunsttööstuskool, Tallinn

Rohlin, L. 2003. *Keraamika käsiraamat*. Eesti Kunstiakadeemia, Tallinn