



Co-funded by
the European Union

Linnade ümbermõtestamine: biofilsete linnaruumide kujundamine AR-i abil STEM- õppijatele (14–18)



BIOS4YOU
AR 2.0

BIO-INSPIRED STEM TOPICS FOR ENGAGING YOUNG GENERATIONS
THANKS TO THE USE OF AUGMENTED REALITY

Project Number: KA220-BW-23-30-126516

"Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or the European Education and Culture Executive Agency (EACEA). Neither the European Union nor EACEA can be held responsible for them."





SISUKORD

· Sissejuhatus.....	
...2	
· Mis on biofilne disain?.....	3
· Kaasatud STEM-kontseptsioonid.....	7
· Mis on säästvad materjalid?.....	10
· Mis on disainmõtlemine?.....	11
· Teostus — biofiilse disaini rakendamine praktikas ja prototüüpimine liitreaalsuse abil.....	11
· AR prototüüpimine: loodusest inspireeritud linnatuleviku visualiseerimine.....	13
· TÄIUSTAMINE – Tööriistade ja kontseptsioonide valdamine.....	15
· Soovitatavad AR-tööriistad biofiilse disaini ja STEM-õppe jaoks.....	15
· Ressursid.....	19





Õppetee üldine teema	Biofiilsed linnad: looduspõhine linnakeskkonna disain
Õppeüksuse täpne nimetus	Linnade ümberkujundamine: biofiilsete linnaruumide kujundamine liitreaalsuse abil
Sihtkasutaja vanus	14–18 aastat
Õppija eeltingimused	Keskkonnateaduse, bioloogia ja geomeetria põhiteadmised
Õppeüksuse kirjeldus	See üksus kutsub õpilasi uurima, kuidas loodus saab inspireerida jätkusuutlikku ja tervislikumat linnakeskkonda. Liitreaalsuse tööriistu kasutades visualiseerivad ja suhtlevad õppijad biofiilsete elementidega, nagu rohelised katused, loomuliku valgustuse süsteemid ja ökosüsteemidest inspireeritud ventilatsioon. Tegevus soodustab süsteemset mõtlemist, loovust ja probleemide lahendamist kaasahaarava STEM-põhise õppe kaudu.
Asjaomane teema	Keskkonnateadus, bioloogia, füüsika, matemaatika, tehnoloogia
Märksõnad	Biofiilne disain, linnaplaneerimine, liitreaalsus, jätkusuutlikkus, biomimikri, interaktiivne õpe, loodusest inspireeritud innovatsioon
Põhioskused, võimed ja teadmised, mida saab omandada	Mõista biofiilseid põhimõtteid ja nende rakendusi linnakeskkonnas; rakendada STEM-kontseptsioone jätkusuutlike ruumide kujundamisel; arendada AR-põhiseid visualiseerimis- ja prototüüpimisioskusi; parandada probleemide lahendamist ja kriitilist mõtlemist.
Kasutatud ressursid ja didaktilised vahendid	AR-tööriistad (nt CoSpaces Edu, Assemblr EDU, Merge Cube, JigSpace), kaardid ja linnaplaneeringud, teaduslikud andmebaasid, visuaalsed ressursid, veebiplatvormid, biofiilsete linnade juhtumiuuringud
Hindamiskriteeriumid ja hindamine	Hindamine põhineb õpilaste võimel rakendada biofiilse disaini kontseptsioone, integreerida liitreaalsuse tööriistu oma ideede edastamiseks ning näidata keskkonna- ja teaduspõhimõtete mõistmist esitluste, digitaalsete prototüüpide ja refleksiivse tagasiside kaudu.





Sissejuhatus:

Kuna globaalsed linnad laienevad ja muutuvad tihedamalt asustatud, on inimesed üha enam eraldunud looduskeskkonnast, milles inimesed on arenenud. Linnaelanikkond seisab nüüd silmitsi selliste pakiliste probleemidega nagu õhusaaste, vaimne väsimus, sotsiaalne isolatsioon ja kliimamuutuste süvenemine. Biofiilne disain on üks paljutöötavamaid ja uuringutega toetatud vastuseid nendele probleemidele – interdistsiplinaarne lähenemisviis, mille eesmärk on looduse taasintegreerimine ehitatud keskkonda.

Selle koolitusüksuse eesmärk on tutvustada õppijatele biofiilset disaini ja selle olulisust linnakeskkonna, jätkusuutlikkuse ja inimeste heaolu seisukohast. See tutvustab teaduslikke aluseid, juhtumianalüüse ja disainipõhist mõtlemist, et näidata, kuidas loodusest inspireeritud lahendused saavad linna tervislikumal ja jätkusuutlikumal viisil ümber kujundada.

Biofiilne disain tugineb *biofiilia*, mis kirjeldab inimese kaasasündinud kalduvust luua ühendus looduse ja teiste elussüsteemidega (Wilson, 1984). Biofiilne disain ei hõlma pelgalt dekoratiivtaimede lisamist hoonetesse, vaid loomuliku valguse, ventilatsiooni, vee, materjalide, ruumivormide ja ökosüsteemide läbimõeldud integreerimist linnaruumide arhitektuuri ja planeerimisse. Uuringud on näidanud, et kokkupuude looduslike elementidega ehitatud keskkonnas aitab kaasa parematele tervisenäitajatele, stressi vähenemisele, suuremale loovusele ja kognitiivsete funktsioonide paranemisele (Kellert jt, 2008; Browning jt, 2014).

See seos tänapäeva linnades sageli puudub, kus domineerivad betoonpinnad, tehisvalgustus ja suletud ehitised. Uuringud on näidanud, et piiratud juurdepääs looduslikele elementidele, nagu päevavalgus või rohelised vaated, võib oluliselt parandada taastumismäärasid, meeleolu ja tähelepanuvõimet. Ulrich (1984) leidis, et patsiendid, kes taastusid operatsioonist haiglapalates, kust avanesid vaated puudele, paranesid kiiremini ja vajasid vähem valuvaigisteid. Li ja Sullivani (2016) sarnased leiud näitasid, et vaimsest väsimusest taastuvad õpilased saavutasid ülesannetes paremaid tulemusi, kui neil oli klassiruumist juurdepääs rohelisele õuevaatele.

Biofiilsel disainil on samuti oluline roll linnade jätkusuutlikkuse edendamisel. See parandab sademevee haldamist läbilaskvate maastike ja rohelise infrastruktuuri kaudu, leevendab linnasoojenemist taimestiku ja varjutamise abil, toetab bioloogilist mitmekesisust elupaikade nišside taaskehtestamise kaudu ning vähendab energiatarbimist passiivse valgustuse ja ventilatsioonistrateegiate abil. Jamei jt (2016) toovad esile, kuidas linnageomeetria ja looduslikud elemendid saavad oluliselt parandada välistingimustes soojusmugavust, samas kui Beatley (2016) rõhutab biofiilsete sekkumiste laiemat linnaplaneerimise kasu vastupidavate ja elamisväärtete kogukondade loomisel.





See üksus uurib biofiilsete põhimõtete rakendamist STEM-i, loodusteaduste, tehnoloogia, inseneriteaduste ja matemaatika vaatenurgast. See käsitleb, kuidas bioloogilised süsteemid toetavad linna bioloogilist mitmekesisust, kuidas valgus ja õhu liikumine mõjutavad mugavust ja energiatõhusust, kuidas looduse geomeetrilised mustrid inspireerivad konstruktsioonide disaini ning kuidas säästvad materjalid ja digitaalsed tööriistad, näiteks liitreaalsus (AR), saavad toetada uuenduslikku ja keskkonnateadlikku ehitust. Selle lähenemisviisi interdistsiplinaarne olemus soodustab tehnilisi teadmisi, kriitilist mõtlemist ja probleemide lahendamist reaalsete linnaprobleemide kontekstis.

Hiljutine kirjandus kinnitab, et biofiilsete mustrite kaasamine hoonete ja avalike ruumide kujundusse toob kaasa mõõdetavaid psühholoogilisi ja füsioloogilisi eeliseid. Browning, Ryan ja Clancy (2014) tuvastasid 14 biofiilset kujundusmustrit, nagu dünaamiline valgus, looduslikud kujundid ja materjalide seos loodusega, mis mõjutavad positiivselt tervist ja tootlikkust nii töökui ka õpikeskkondades.

Biofiilsete kontseptsioonidega tutvumine annab õppijatele võimaluse linnakeskkonda ümber mõtestada ja prototüüpselt kujundada, et edendada sügavamaid suhteid inimeste ja keskkonna vahel. Olenemata sellest, kas seda rakendatakse koolides, parkides, elamutes või avalikus taristus, pakub biofiilne disain raamistiku jätkusuutlikumate ja taastavamate linnade loomiseks, mis seavad esikohale ökoloogilise terviklikkuse ja inimeste heaolu.

1. UURIMINE – konteksti ja põhimõtete mõistmine

Mis on biofiilne disain?

- Definiitsioon ja päritolu:

Biofiiliat võib defineerida kui armastust elu või elussüsteemide vastu. On oletatud, et inimestel on kaasasündinud vajadus olla seotud meid ümbritseva maailmaga ja nad on loomupäraselt kalduvad seda tegema. See kalduvus on kaasasündinud ja kuigi me selle poole kaldume, võime selle suhtes ka vastumeelsust tunda. Näiteks võime loomupäraselt soovida olla suvepäeval õues päikesevalguse ja soojuse käes, kuid me ei taha ka leida end mürgise mao lähedal. Biofiilne disain aitab meil avastada, kuidas ehitatud keskkonda saaks ja peaks radikaalselt ümber mõtlema, lähtudes inimmeele põhilistest toimimispõhimõtetest (Vagal, 2020).

- Kuidas biofiilne disain inimestele kasulik on?

Viimase 5000 aasta jooksul on ulatusliku põllumajanduse, tootmise, tehnoloogia, tööstusliku tootmise, inseneriteaduse ja tänapäevase linnaelu esiletõus inimkonna ajaloos vaid lühikest peatükki. Vaatamata neile edusammudele ei ole need asendanud looduskeskkonnaga harmoonias elamise hüvesid. Suur osa meie emotsionaalsest heaolust, probleemide lahendamisest, kriitilisest mõtlemisest ja loomingulistest võimetest tuleneb endiselt oskustest ja





instinktidest, mis on arenenud sügavate sidemete kaudu looduslike süsteemidega. Need seosed mängivad jätkuvalt olulist rolli meie tervises, arengus ja tootlikkuses (Kellert, 2015).

Biofiilne disain pakub mõõdetavaid eeliseid, taasühendades inimesed looduslike mustrite ja sensoorsete kogemustega, mis on kujundanud meie evolutsiooni aastatuhandete jooksul. Meie bioloogilises looduses peituv kontseptsioon, mida tuntakse biofiiliana (Wilson, 1984), tunnistab see disainilähenedamisviis, et meie kognitiivsed, emotsionaalsed ja füsioloogilised süsteemid on kõige paremini häälestatud keskkondadele, mis sarnanevad inimeste arengukeskkonnaga, näiteks metsad, savannid ja muud looduslikud paigad (Kellert jt, 2008).

Teaduslikud uuringud on näidanud, et isegi minimaalne kokkupuude looduslike elementidega, näiteks juurdepääs päevavalgusele, roheluse vaade, värske õhk või kombatav suhtlus orgaaniliste materjalidega, võib oluliselt parandada psühholoogilist heaolu. Nende eeliste hulka kuuluvad stressitaseme langus, meeleolu paranemine, suurem loovus ja kognitiivse soorituse tõus (Ulrich jt, 1991; Kaplan & Kaplan, 1989). Loodusega kokkupuudet on seostatud ka kiirema taastumise määraga tervishoiuasutustes, parema keskendumisvõimega hariduskeskkondades ja suurema rahuloluga töökohal (Terrapin Bright Green, 2012).

Füüsilise tervise seisukohast soodustab biofiilne keskkond loomuliku ventilatsiooni kaudu paremat õhukvaliteeti, vähendab mürasaastet taimede ja looduslike materjalide integreerimise abil ning soodustab füüsilist liikumist hästi kujundatud rohealade kaudu. Loodusliku valguse käes viibimine, eriti kui see on kooskõlas ööpäevase rütmiga, parandab unekvaliteeti ja üldist elujõudu (Van den Berg jt, 2010).

Lisaks individuaalsetele hüvedele toetab biofiilne disain sotsiaalset tervist, edendades kuuluvustunnet ja kogukonnatunnet. Looduslike elementidega ruumid, nagu sisehoovid, promenaadid ja avalikud aiad, on kutsuvad ja kaasavad, soodustades suhtlemist, koostööd ja jagatud kogemusi (Beatley, 2011). Need keskkonnad võivad soodustada tugevamaid kogukonnasidemeid ja aidata kaasa vastupidavamate ja sotsiaalselt sidusamate linnakeskkondade loomisele.

- Biofiilse disaini kuus elementi

Biofiilne disain on tõenduspõhine lähenemisviis, mis integreerib looduslikke elemente ehitatud keskkonda, et parandada inimeste heaolu. See disainifilosoofia, mis põhineb biofiilia ehk inimese kaasasündinud loodusearmastuse kontseptsioonil, on arenenud hõlmama mitmesuguseid raamistikke, mis suunavad selle rakendamist arhitektuuris ja linnaplaneerimises.

Üks Stephen R. Kellerti väljatöötatud alusraamistikest kirjeldab biofiilse disaini kuut põhielementi:

1. Keskkonnaomadused: looduslike elementide, näiteks valguse, õhu, vee, taimede ja looduslike materjalide kaasamine.
2. Looduslikud kujundid ja vormid: biomorfsete vormide, fraktaalide ja looduslike mustrite kasutamine.





3. Looduslikud mustrid ja protsessid: looduse rütme, muutusi ja sensoorset varieeruvust peegeldavate tunnuste integreerimine.
4. Valgus ja ruum: loomuliku valguse, dünaamilise valgustuse ja ruumilise varieeruvuse kasutamine looduslike kogemuste esilekutsumiseks.
5. Kohapõhised suhted: kohaliku ökoloogia, kultuuri ja kuuluvustunnet peegeldavate ruumide loomine.
6. Arenenud inimese ja looduse suhted: psühholoogiliste seoste tunnistamine väljavaate-varjupaiga teooria, hirmu ja aukartuse ning looduse taastavate eelistega.

Hiljutised uuringud on neid elemente laiendanud, rõhutades nende olulisust kaasaegses disainipraktikas. Näiteks Wijesooriya jt 2023. aasta ülevaates tuuakse esile biofiilse disaini raamistike integreerimist säästva disaini kriteeriumidega, rõhutades biofiilsete põhimõtete ja keskkonnatoime standardite ühtlustamise olulisust.

Lisaks näitavad Al Sayyedi ja Al-Azhari (2025) uuringud biofiilsete disainielementide, näiteks loomuliku valguse ja ventilatsiooni füsioloogilist kasu stressi vähendamisel ja mugavuse suurendamisel elamutes. Need leiud kinnitavad biofiilsete elementide kaasamise olulisust tervise ja heaolu edendamiseks ehitatud keskkondades.

Neid kuut elementi mõistes ja rakendades saavad disainerid ja koolitajad luua ruume, mis edendavad inimese ja looduse vahelist seost ning toetavad kognitiivseid funktsioone, emotsionaalset heaolu ja üldist tervist.

- Biofiilne ja heaolu:

Loodusega seotus kui päriilik inimlik kalduvus on biofiilia teooria; Wilson tegi selle termini populariseerituks aastal (1984). Kellert ja Calabrese (2015) propageerisid biofiilse disaini praktikat. Nad defineerisid seda kui protsessi, mis pakub jätkusuutlikku disainistrateegiat, mille eesmärk on ühendada inimesi ja loodust kolme kogemuse ja kahekümne nelja disainiomaduse põhjal. Selle loodusega seose tugevdamine vähendab stressi ning parandab tervist ja heaolu.

Kuna inimesed veedavad tavaliselt rohkem aega hoonete sees kui väliskeskkonnas, on biofiilse sisekujunduse lähenemisviisi rakendamine eriti oluline. Seda teemat uuritakse aga alles ja sellega seotud kirjandust on mõnevõrra piiratud. Tuleb tunnistada, et põhimõtted ja disainiprotsessid on avatud mitmele tõlgendusele, mis tekitab ebaselgust. „Kuigi biofiilse disaini eesmärk on selge, on selle ja selle rakendamise mõistmine vähem seda“ (Vagal, 2020).

Biofiilne disain arvestab ka teiste eluvormidega (Beatley, 2017) ja toimib tõhusalt erinevates kontekstides (Orman, 2017). See koosneb otsestest, kaudsetest ja sümbolsetest kogemustest, mis aitavad kaasa inimese ja looduse vaheliste seoste loomisele (Bewza, 2012). Iseloomulike omaduste hulka kuuluvad juurdepääs erinevatele ruumitüüpidele, millel on erinevad ruumilised omadused (Mangone jt, 2017), mitmekesised pinnatekstuudid, klaas, loodusvaade, looduslikud materjalid, soojad värvid (Spivack ja Rogelberg, 2010), taimed, loomulik päikesevalgus, ventilatsioon, avatud ruumid ja aknad (Gray ja Birrell, 2014).





- Biofiilse disaini näide:

1- Apple Park,

Apple'i uut
laialdaselt üheks
näiteks.
kopeerib looduses
kumerusi ja toob
küljest.
ümbritseb ka uus



California, USA

Ülikoolilinnakut peetakse
biofiilse disaini juhtivaks
Sõõrikukujuline ehitis
leiduvaid loomulikke
kontoritesse valgust igast
Ülikoolilinnakut
9000 puuga metsamaa.

2- Bosco Verticale, Milano, Itaalia

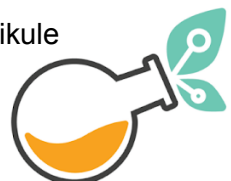
Looduse leidmine kõrghoonetes tundub ebareaalne, kuid see võib olla just see biofiilne süst, mida tihedad linnad vajavad. Pärast sajandeid kestnud praktikast linna ja metsiku looduse eristamiseks on kaks Itaalias paradigmat pakkudes oma hoone sotsiaalset ökoloogiat ultralinlikuks



Arhitekt Stefano
Verticale avati 2014.
elanikele alternatiivi
naabruskondadele.
suhtlust naabritega
terrassi kaudu. Selles ruumis oleksid elanikel vaated loodusele, otsene juurdepääs taimestikule

kõrghoonet Milanos
ümber pööranud,
fassaadi sisse uut
ja pakkudes võimalust
juurdepääsuks loodusele.

Boeri projekteeritud Bosco
aastal, et pakkuda
äärelinna ühepereelamute
Boeri nägi ette avalikku
hoone välisfassaadi





ning võimalus naabritevaheliseks vestluseks aianduse, taimede ja eluslooduse meeldivate aspektide üle. Tuginedes aiandustraditsiooni kompaktsel intiimsusele, laiendab Bosco Verticale Milano terrassiaianduse kultuurilisi harjumusi kogukonna tasemel väärtuseks, mis tekib linna sees asuva hoone peal oleva metsa kujul.



3- Admiraliteedi küla

Kampung Admiralty pakub juhtumiuuringut selle kohta, kuidas loodus saab olla nende elamute peamine element. See pakub elanikele ka katusepõllundusega tegelevaid rajatisi ja aedu. Hoone mitmetasandilised korrused puhastavad järk-järgult läbi ala voolavat sadevett. Hoone on kolme aasta jooksul pärast elanikele avamist jõudsalt arenenud.

Figure ... source: Jana Soderlund

Kaasatud STEM-kontseptsioonid:

Biofiilne disain on oma olemuselt multidistsiplinaarne, ammutades inspiratsiooni looduslikest protsessidest ja vormidest, et parandada ehitatud keskkonda viisil, mis toetab inimeste tervist, ökoloogilist tasakaalu ja esteetilist rikkust. STEM-hariduse, loodusteaduste, tehnoloogia, inseneriteaduse ja matemaatika integreerimine biofiilsesse disaini võimaldab õpilastel uurida ja





rakendada reaalseid oskusi, tegeledes samal ajal jätkusuutlikkuse väljakutsete ja keskkonnateadlikkusega.

Iga STEM-valdkond pakub ainulaadset vaatenurka loodusest inspireeritud lahenduste mõistmiseks ja rakendamiseks:

- Bioloogia süvendab meie arusaama looduslikest süsteemidest, ökosüsteemidest ja bioloogilisest mitmekesisusest, mis on oluline elusorganismidega harmooniliselt suhtlevate keskkondade kujundamiseks.
- Füüsika aitab meil uurida loodusjõudude, näiteks valguse, õhuvoolu ja energiaülekande käitumist, mis kõik mõjutavad keskkonna mugavust ja tõhusust.
- Matemaatika annab vahendid looduslike mustrite, näiteks sümmeetria, fraktaalide ja Fibonacci jada äratundmiseks ja rakendamiseks, mis sageli juhivad vormi ja proportsioone looduspõhises disainis.
- Tehnoloogia annab õppijatele võimaluse katsetada uuenduslike materjalide ja digitaalsete tööriistadega, näiteks liitreaalsusega (AR), et prototüüpe luua ja visualiseerida jätkusuutlikke, loodusega integreeritud ruume.

Selle lähenemisviisi kaudu saavad õpilased praktilisi kogemusi teaduslikus vaatluses, kriitilises mõtlemises, ruumilises arutluskäigus ja ökoloogilises kirjaoskuses. Need seosed toetavad tehniliste oskuste arendamist ja sügavat arusaamist looduse rollist inimkeskse disaini väljakutsete lahendamisel, ühendades hariduse, innovatsiooni ja jätkusuutlikkuse.

Hiljutised uuringud rõhutavad looduspõhise STEM-õppe võimet edendada noorte õppijate loovust, heaolu ja keskkonnavalast vastutust (nt Wijesooriya jt, 2023; Al Sayyed & Al-Azhari, 2025). Need kogemused muutuvad veelgi kaasahaaravamaks ja mõjukamaks, kui neid toetavad interaktiivsed tehnoloogiad, näiteks liitreaalsus.

- Loodussüsteemid ja ökosüsteemid (bioloogia)

Biofiilne disain integreerib looduslikud süsteemid ja ökosüsteemid linnakeskkonda, et parandada inimeste heaolu ja ökoloogilist tasakaalu. Linnaruumid saavad jäljendada looduslike elupaiku, lisades rohelisi katuseid, vertikaalseid aedu ja bioloogilise mitmekesisuse koridore, edendades keskkonna tasakaalu ja psühholoogilisi eeliseid.

Hiljutised uuringud rõhutavad bioloogilise mitmekesisuse olulisust linnakeskkonnas. Näiteks arutleb uuring „Biofiilse disaini integreerimine: jätkusuutlikkuse ja inimeste heaolu suurendamine kaasaegses arhitektuuris“, kuidas looduslike elementide integreerimine arhitektuurilisse disaini saab parandada vaimset tervist ja keskkonnasäästlikkust.

Lisaks võivad linnapiirkonnad pakkuda üllatavalt kõrget bioloogilist mitmekesisust ja ainulaadseid ökosüsteeme erineval skaalal. Linnaloodus pakub potentsiaali luua vajalikku ökoloogilist ühenduvust killustatud maastike vahel, vähendada keskkonnajalajälge elaniku kohta ja edendada kliimamuutustele vastupidavaid ökosüsteeme.https://www.nlc.org/article/2025/04/09/catalyzing-biodiversity-on-buildings/?utm_source=chatgpt.com





Biofiilse disaini rakendamine, eriti linnapiirkondades, võib mõnikord kaasa tuua looduslikele ökosüsteemidele ettenägematuid negatiivseid tagajärgi. Seetõttu on hoolikas planeerimine ja kaalumine hädavajalikud, et tagada looduslike elementide integreerimine linnaplaneerimisse olemasolevate ökosüsteemide toetamise ja täiustamise, mitte häirimise (Szewrańskie et al., 2024).

Looduslike süsteemide kaasamine linnaplaneerimisse on kasulik keskkonnale ja toetab inimeste tervist. Uuringud on näidanud, et looduskeskkonnaga kokkupuude võib vähendada stressi, parandada kognitiivseid funktsioone ja suurendada töökoha tootlikkust (Senthil & Jayalakshmi, 2025).

Õpilased oskavad hinnata inimese ja ökoloogilise tervise omavahelist seotust, mõistes ja rakendades looduslike süsteemide ja ökosüsteemide põhimõtteid linnaplaneerimises. Need teadmised annavad neile võimaluse luua linnakeskkondi, mis on mitte ainult jätkusuutlikud, aga soodustab ka kõigi elanike heaolu.

- Valgus ja ventilatsioon (füüsika)

Valgus ja ventilatsioon on biofiilse disaini põhilised füüsikalised elemendid, mis mõjutavad otseselt inimeste mugavust, tervist ja tootlikkust. Loodusliku valguse ja õhuvoolu taga oleva füüsika mõistmine võimaldab luua ehitatud keskkondi, mis on kooskõlas looduslike protsessidega, parandades elanike heaolu ja keskkonnasäästlikkust.

Loomulik valgus

Loomulik valgus ehk päevavalgus mängib olulist rolli inimese ööpäevase rütmi reguleerimisel, mis on oluline unemustrite, hormonaalse tasakaalu ja üldise tervise säilitamiseks. Päevavalguse strateegiline kasutamine arhitektuuris hõlmab hoone orientatsiooni, akende paigutuse ja peegeldavate pindade arvestamist, et maksimeerida valguse läbilaskvust, minimeerides samal ajal pimestamist ja soojuste teket.

Hiljutised uuringud toovad esile loomuliku valguse kaasamise eeliseid hoonete projekteerimisel. Näiteks ajakirjas *Frontiers in Virtual Reality* avaldatud uuring näitas, et biofiilsete elementidega, sealhulgas loomuliku valgusega keskkonnad vähendasid oluliselt füsioloogilise stressi näitajaid võrreldes mittebiofiilsete keskkondadega (Al Sayyed & Al-Azhari, 2025).

Lisaks saavad päevavalgusele reageerivad valgustuse juhtimissüsteemid vähendada sõltuvust tehisvalgustusest, säästes energiat ja vähendades kasvuhoonegaaside heitkoguseid. Selliste





süsteemide integreerimine eeldab valguse füüsika, sealhulgas selle intensiivsuse, suuna ja spektraalsete omaduste mõistmist. 14–18-aastastele STEM-i õppijatele pakub loomuliku valguse füüsika uurimine praktilisi võimalusi selliste mõistete mõistmiseks nagu valguse peegeldus, murdumine ja energiatõhusus.

- Geomeetria ja mustrid looduses (matemaatika)

Geomeetria ja matemaatilised mustrid on loodusmaailma mõistmiseks üliolulised ning mängivad biofiilses disainis olulist rolli. Neid mustreid uurides saavad õpilased ülevaate looduslike vormide aluspõhimõtetest ja rakendada neid teadmisi harmooniliste ja jätkusuutlike linnaruumide loomiseks.

- Fraktaalid ja enesesarnasus

Fraktaalid on keerulised geomeetrilised kujundid, millel on enesesarnasus, mis tähendab, et nad näevad erinevates skaalades sarnased välja. Sellised mustrid on levinud lumehelvestes, rannajoontes ja puuokstes. Fraktaalanalüüsi on kasutatud looduslike süsteemide keerukuse mõistmiseks ja sellel on rakendusi erinevates valdkondades alates ökoloogiast kuni meditsiinini.

- Fibonacci jada ja kuldne suhe

Fibonacci jada ja sellega seotud kuldloige on looduses sageli esinevad matemaatilised mõisted. Neid võib täheldada lehtede paigutuses varrel, päevalille seemnete mustris ja molluskite spiraalsetes kestades. Nende mustrite mõistmine aitab õpilastel mõista looduslike vormide aluseks olevat matemaatilist järjekorda.

- Sümmeetria ja tessellatsioonid

Sümmeetria on looduslike organismide tavaline omadus, mis aitab kaasa nende struktuurilisele stabiilsusele ja esteetilisele atraktiivsusele. Tessellatsioon ehk plaatimismustreid leidub samuti looduses, näiteks mesitarude kärgstruktuuris. Nende mustrite uurimine võimaldab õpilastel uurida tasakaalu ja korduse kontseptsioone disainis.

- Rakendused biofiilses disainis

Looduslike geomeetriliste mustrite kaasamine linnaplaneerimisse võib parandada elanike esteetilist ja psühholoogilist heaolu. Näiteks fraktaalsed mustrid arhitektuurielementides võivad vähendada stressi ja parandada kognitiivseid funktsioone. Nende matemaatiliste põhimõtete mõistmine ja rakendamine võimaldab õpilastel luua kujundusi, mis kajastavad looduslikke vorme ja edendavad jätkusuutlikkust.





- Jätkusuutlikud materjalid ja disainmõtlemine (tehnoloogia)

Mis on säästvad materjalid?

Jätkusuutlikud materjalid on keskkonnasõbralikud. Need kas kasvavad kiiresti tagasi, on taaskasutatavad või nende tootmine nõuab vähem energiat. Biofiilses disainis kasutamisel toetavad need materjalid ka tervist ja heaolu.

Siin on mõned põnevad näited, mida tänapäeval uuritakse ja kasutatakse:

- Bambus, kork ja kanepibetoon on taimsed materjalid, mis kasvavad kiiresti ja absorbeerivad looduslikult süsinikdioksiidi. Need vajavad vähem töötlemist kui traditsioonilised materjalid, nagu betoon või plastik. Need biopõhised materjalid võivad oluliselt vähendada hoonete süsiniku jalajälge (Mnasri jt, 2021).
- Seenediistlik on seente juurestik. Sellest saab kasvatada ehitusplokke või paneele. See materjal on kerge, täielikult komposteeruv ega vaja keemilist töötlemist. Seda kasutatakse sageli rohelises arhitektuuris (Alaneme & Anaele, 2023).
- Biobetoon on spetsiaalne betooniliik, mis parandab pragusid bakterite abil. Need bakterid toodavad looduslikku ainet, mis sulgeb prao niiskuse sattumisel. See uuendus vähendab hooldusvajadust ja pikendab hoonete eluiga (Aytekin jt, 2024).
- Madala kiirgusteguriga (Low-E) klaas peegeldab soojust, kuid laseb läbi loomulikku valgust. See klaas aitab vähendada energiatarbimist kütmiseks ja jahutamiseks, pakkudes samal ajal juurdepääsu päevavalgusele, mis on biofiilsetes ruumides ülioluline (Elverici, 2024).

Nende materjalide kasutamine muudab linnad jätkusuutlikumaks ja toetab biofiilse disaini suurimat eesmärki: parandada meie sidet loodusega, kaitstes samal ajal keskkonda.

Mis on disainmõtlemine?

Disainmõtlemine on loominguline protsess, mis aitab inimestel keerukatele probleemidele lahendusi leida. Asi pole ainult selles, et asjad ilusaks teha, vaid ka tegelike vajaduste rahuldamises nutikal ja tõhusal viisil.

See hõlmab viit sammu:

1. Tunne empaatiat – mõista, mida inimesed vajavad.
2. Määratle – Tuvasta põhiprobleem.
3. Ideede genereerimine – Mõtle välja loomingulisi lahendusi.
4. Prototüüp – Loo mudel või testversioon.
5. Test – Proovi järele ja täiusta tagasiside põhjal.

Biofiilses disainis võid disainmõttlemist kasutada, et luua:

- Kohalikust puidust ja seeneniidistiku vahust pargipink.
- Kooli siseõu loomuliku valguse, puude ja lehtede kujuga istumiskohtadega.





- Väike katusele asetatud kasvuhoone, mis kogub vihmavett.

Uuringud näitavad, et disainmõtlemise kasutamine jätkusuutlikkuse projektides aitab inimestel paremini koostööd teha ja luua reaalseid lahendusi. Seda kasutatakse juba oluliste probleemide lahendamiseks, nagu kliimamuutused, roheline transport ja keskkonnasõbralik eluase (Leal Filho jt, 2024).

2. Teostus — biofiilse disaini rakendamine praktikas ja prototüüpimine liitreaalsuse abil

Sissejuhatus:

Biofiilse disaini mõistmisest selle rakendamiseni liikumiseks peavad õppijad uurima, kuidas looduspõhiseid strateegiaid saab reaalsesse linnakeskkondadesse üle kanda. Biofiilne disain ei ole lihtsalt ideede kogum; see on disainilähenemisviis, mis nõuab keskkonnasüsteemide, materjalide ja tehnoloogiate läbimõeldud integreerimist linnakeskkonda.

See koolitusüksuse osa võtab praktilise, loomingulise ja digitaalse pöörde. Õppijaid julgustatakse mõtlema nagu planeerijad, arhitektid ja linnaökoloogid, pakkudes välja uusi ideid, mis kehastavad biofiilseid põhimõtteid. Samal ajal tutvustatakse digitaalseid tööriistu, näiteks liitreaalsust (AR), toetavate platvormidena, mis võimaldavad õppijatel oma kujundusi visualiseerida ja prototüüpe luua. AR pakub õpikogemusele interaktiivse kihi, ühendades kontseptuaalse mõtlemise ja ruumilise planeerimise ning julgustades katsetama virtuaalses keskkonnas. Hiljutised uuringud kinnitavad, et AR-tööriistad parandavad õppijate ruumiteadlikkust ja disainmõtlemist jätkusuutlikkuse ja STEM-projektidega tegelemisel (Wu jt, 2020; Bower jt, 2017).

See osa soodustab tehnilist ja loomingulist arengut, ühendades juhtumipõhise analüüsi, disainiprototüüpimise ja liitreaalsusel põhineva modelleerimise. See aitab ületada lõhet teoreetiliste teadmiste ja praktilise rakenduse vahel, mis on oluline samm noorte õppijate võimestamisel ette kujutada rohelisemaid, tervislikumaid ja inimkesksemaid linnu.

Disainmõtlemise väljakutse: linnaruumide ümbermõtestamine biofiilsete põhimõtete abil

Biofiilsete põhimõtete loominguline rakendamine algab võimest jälgida, kritiseerida ja parendada ruume probleemide lahendamise vaatenurgast. Disainmõtlemine, struktureeritud ja inimkeskne metoodika, pakub selleks ülesandeks tugeva raamistiku. Disainmõtlemine, mida laialdaselt kasutatakse hariduses, inseneriteaduses ja arhitektuuris, soodustab innovatsiooni empaatia, ideede loomise, prototüüpimise ja iteratsiooni kaudu. Jätkusuutlikkus ja ehitatud keskkonnad julgustavad õppijaid lahendama keerulisi väljakutseid, ühendades ökoloogilisi teadmisi loomingulise uurimisega (Leal Filho jt, 2024).

See tegevus juhendab õppijaid läbi disainmõtlemise tsükli, kui nad kujutlevad ümber olemasolevat linnaruumi, olgu see siis nende kohalikus keskkonnas või väljamõeldud kontekstis. Protsess algab koha praeguste piirangute kriitilise hindamisega. Nende hulka võivad kuuluda kuumus, halb ventilatsioon, taimestiku puudumine, mitteläbilaskvad pinnad või madal





bioloogiline mitmekesisus. Selle hinnangu põhjal määratlevad õppijad vajaduste või disainiprobleemide kogumi, mis kajastab keskkonna- ja inimprioriteete.

Ideede genereerimise etapis tutvustatakse biofiilseid lahendusi: strateegiaid, mis ammutavad inspiratsiooni loodusest selliste probleemide lahendamiseks nagu ülekuumenemine, halb õhukvaliteet või sotsiaalne isolatsioon. Tuginedes põhimõtetele, mis on välja toodud jaotises 14 *biofiilse disaini mustri* (Browning jt, 2014) julgustatakse õppijaid kaaluma otseseid ja kaudseid seoseid loodusega, sealhulgas rohelist, veekogusid, materjalide valikut ja ruumilisi konfiguratsioone, mis soodustavad pelgupaika või tulevikuväljavaateid. Lahendused võivad hõlmata varjutatud kogunemiskohtade loomist puuvõradega, roheliste seinte integreerimist õhukvaliteedi ja soojust mugavuse parandamiseks või veekanalite rajamist vihmavee imamiseks ja haldamiseks.

Oma loomingulise töö osana töötavad õppijad välja ümberkujundatud ruumi kontseptuaalse plaani, keskendudes päevavalguse ligipääsule, loomulikule õhuvoolule, bioloogilise mitmekesisuse koridoridele ja sensoorsele interaktsioonile orgaaniliste materjalidega. Neid ideid toetavad biofiilsed põhimõtted ja STEM-iga seotud analüüs, näiteks geomeetria rakendamine paigutuse optimeerimiseks, bioloogia sobivate taimeliikide valimiseks ja füüsika passiivsete ventilatsioonistrateegiade kavandamiseks.

Selle protsessi edasiseks suunamiseks pakub Global Wellness Institute (2018) praktilist raamistikku selle kohta, kuidas biofiilne disain saab parandada kogukonna heaolu loodusele juurdepääsu, parema liikuvuse ja sensoorse mitmekesisuse kaudu. Need juhised julgustavad disainereid mõtlema terviklikult, nähes linnaruumi mitte ainult füüsilise infrastruktuurina, vaid ka tervise, emotsionaalse ühenduse ja keskkonna vastupidavuse kohtadena.

Lõppkokkuvõttes aitab see väljakutse mõista biofiilset disaini kui teaduslikku ja inimkeskset ettevõtmist, mis nõuab tehnilist mõtlemist, empaatiat ja loovust reaalsete linnaprobleemide lahendamiseks.

AR prototüüpimine: loodusest inspireeritud linnatuleviku visualiseerimine

Pärast disainimõtlemise protsessi kaudu ümberkujundamise kontseptsiooni väljatöötamist liiguvad õppijad edasi oma ideede prototüüpimiseni liitreaalsuse abil. Liitreaalsus pakub põnevat võimalust biofiilsete visioonide elluviimiseks, võimaldades õppijatel paigutada looduslikke elemente valitud linnaruumi digitaalsesse koopiasse. See etapp kinnistab ruumilist mõtlemist ja võimaldab sügavamalt kaasatust eelnevalt kontseptualiseeritud disainielementidega.

Kasutades selliseid platvorme nagu CoSpaces Edu või Assemblr EDU, loovad õppijad interaktiivseid 3D-visualiseeringuid, mis sisaldavad peamisi biofiilseid komponente. Nendeks võivad olla puudega ääristatud promenaadid, katuseaiad, peegeldavad veebasseinid, loomulikult ventileeritavad koridorid või fraktaalset geomeetriast inspireeritud lehemustriga varikatused. Eesmärk on modelleerida ümberkujundatud ruumi, pöörates täpset tähelepanu keskkonnatoimele ja kasutajakogemusele.





Hiljutised uuringud näitavad, et liitreaalsus saab oluliselt toetada keskkonnaharidust ja loovust, eriti kui õppijad kujundavad jätkusuutlikkuse eesmärgi silmas pidades (Wu jt, 2020). Selles harjutuses julgustatakse õppijaid oma kavandeid kommenteerima, kirjeldades iga biofiilse tunnuse funktsiooni, selle peegeldatavat STEM-põhimõtet ning eeldatavat kasu inimeste ja ökoloogilisele tervisele.

Lisaks digitaalsele modelleerimisele saab liitreaalsuse prototüüpe kasutada esitluste ja vastastikuse hindamise jaoks, kus õppijad selgitavad ja kaitsevad oma disainiotsuseid. See refleksiivne etapp lisab kriitilise mõtlemise ja suhtlemisotsuste kihi, tugevdades disainipädevust ja keskkonnateadlikkust.

Koolipõhised projektid biofiilse disaini alal: kogemuste kaudu õppimine keskkonnahariduses

Biofiilse disaini tutvustamine keskkooliõpilastele pakub võimsa haridusliku võimaluse siduda teoreetilisi teadmisi reaalse maailma ökoloogiliste väljakutsetega. Viimastel aastatel on mitmed keskkoolid üle Euroopa ellu viinud biofiilsetele projektidele orienteeritud projekte, mis kaasavad õpilasi ehitatud keskkondade ümbermõtestamisse looduspõhise mõtteviisi kaudu. Need algatused edendavad ökoloogilist teadlikkust, edendavad heaolu ja toetavad interdistsiplinaarset õppimist, mis hõlmab bioloogiat, keskkonnateadust, disaini ja arhitektuuri.

Kuigi see pole alati märgistatud kui *biofiilne disain*. Paljud neist projektidest käsitlevad otseselt biofiilseid põhimõtteid, nagu sensoorse kontakti tugevdamine looduslike elementidega, õhukvaliteedi parandamine ja õuesõppe keskkondade kujundamine. Selliste tegevuste kaudu saavad 14–18-aastased õpilased praktilisi kogemusi linna- ja haridusruumide ümbermõtestamisel, luues sageli mudeleid, jooniseid või jätkusuutlikkuse ettepanekuid, mis põhinevad nende loodusvaatlustel ja loodusega suhtlemisel.

- Valitud projekti näide keskkoolidest

Putney keskkool, mis on osa Londoni Tüdrukute Päevakoolide Trustist, käivitas 2021. aastal uuendusliku biofiilse klassiruumi pilootprojekti, et uurida, kuidas õpikeskkondade looduslikud elemendid mõjutavad õpilaste heaolu, keskendumisvõimet ja kognitiivset kaasatust. Projekt oli kohandatud 4. ja 5. kooliastme vanematele õpilastele (vanuses 14–18) ning töötati välja koostöös Oxfordi Brookesi ülikooli ja Studio P Architects teadlastega.

Ümberkujundatud klassiruum hõlmas mitmeid elemente, mis pärinesid *14 biofiilse disaini mustrit* (Browning jt, 2014), sealhulgas:

- Looduslikud materjalid ja tekstuurid: puitpaneelid, villased tekstiilid ja toorviimistlus vähendasid sensoorset väsimust ja loomsid rahustava visuaalse esteetika.
- Taimed ja rohelus: Toataimed integreeriti mitte ainult loodusega visuaalse ühenduse loomiseks, vaid ka õhukvaliteedi parandamiseks ja mikrotaastava efekti pakkumiseks.
- Dünaamiline valgustus: LED-süsteemid olid häälestatud jäljendama ööpäevaseid rütme, toetades tähelepanu ja meeleolu reguleerimist koolipäeva eri osades.
- Akustiline disain: Ülestimulatsiooni piiramiseks ja kognitiivse pelgupaiga loomiseks lisati heli neelavaid materjale ja vaiksusi.





Õpetajad ja õpilased, kes klassiruumi kasutasid, teatasid paremast keskendumisvõimest, vähenenud stressist ja nauditavamast õpikeskkonnast. Lisaks passiivsele kokkupuutele looduslike elementidega hindasid õpilased klassiruumi mõju, õppides kriitiliselt mõtisklema selle üle, kuidas keskkonnakujundus mõjutab tervist ja sooritust.

„Õpilastelt, kes seda ruumi kasutasid, saadud tagasiside oli valdavalt positiivne,“ ütles Putney keskkooli direktor Suzie Longstaff. „Nad tundsid end lõdvestunumalt, kaasatumalt ja õppimisega seotuna.“

- AR-integratsiooni mõtisklused ja võimalused

Kuigi Putney projekt on juhtiv näide biofiilsetest õpikeskkondadest keskkoolis, keskendub see endiselt füüsilise keskkonna kujundamisele. Selliste projektide tulevased versioonid võiksid oluliselt kasu saada liitreaalsuse (AR) kaasamisest kujutlusvõime ja interaktiivsuse parandamiseks.

AR võiks õpilastel võimaldada:

- Enne ruumi füüsilist ümberkujundamist visualiseeri erinevaid biofiilseid paigutusi.
- Reaalajas andmed, näiteks päikesevalguse suund, õhuvool või helitase, on pealiskaudsed.
- Loo virtuaalselt prototüüpe uutele elementidele, nagu rohelised seinad, vee-elementid või ökomööbli.
- Osale koostööl põhinevates linnaplaneerimise projektides, simuleerides biofiilseid tsoone koolihoovides, katustel või avalikes kohtades.

Selline integratsioon annaks õpilastele võimaluse mitte ainult kogeda biofiilseid keskkondi, vaid ka luua ja jagada neid digitaalselt, kasutades STEM-oskusi mõtestatud ja rakenduslikul viisil.

Putney keskkooli biofiilse klassiruumi projekt on edukas näide sellest, kuidas keskkooliõpilased saavad kasu kaasahaaravast ja looduslähedasest keskkonnast. Kuna teadlikkus keskkonna, õppimise ja heaolu vahelisest seosest kasvab, pakub see mudel väärtuslikku eeskuju teistele koolidele, kes soovivad biofiilset mõtlemist kaasata.

Selliste algatuste kombineerimisel digitaalse disaini ja liitreaalsuse prototüüpimise tööriistadega võivad tulevased koolipõhised projektid muutuda veelgi kaasahaaravamaks, isikupärasemaks ja 21. sajandi õpieesmärke peegeldavamaks, kus jätkusuutlikkus, loovus ja tehnoloogia kohtuvad.

3. TÄIUSTAMINE – Tööriistade ja kontseptsioonide valdamine

Kui varasemates osades tutvustati biofiilse disaini põhitõdesid ja anti õppijatele võimalus uurida ja luua loodusega integreeritud ruume, siis see viimane osa keskendub sellele, kuidas liitreaalsus (AR) saab õppimist täiustada, süvendada ruumilist arusaamist ja edastada biofiilseid ideid tõhusamalt.





Keskhariduses, eriti STEM-põhises õppes, on liitreaalsusest saanud võimas vahend abstraktsete keskkonnakontseptsioonide ühendamiseks konkreetse ruumilise kogemusega. Nagu Wu jt (2020) ja Tang jt (2022) uuringud näitavad, suurendab liitreaalsus kaasatust, toetab keerukat ruumilist mõtlemist ning parandab õpilaste võimet kujundada ja analüüsida 3D-keskkondi. Need omadused muudavad selle eriti sobivaks biofiilsete elementide visualiseerimiseks linnakeskkonnas, kus paigutusel, keskkonna voolavusel ja materiaalsusel on võtmeroll.

AR-i kaudu võimaldavad digitaalsed seadmed õppijatel paigutada loodusest inspireeritud objekte, nagu puud, varjualused või vee-elementid, reaalsesse keskkonda. See aitab neil ette kujutada rohelisemaid linnu ning simuleerida ja hinnata oma ideid, tugevdades seost keskkonnamõtlemise ja digitaalse loovuse vahel.

Allpool on kureeritud nimekiri liitreaalsuse tööriistadest, mis toetavad 14–18-aastaste õpilaste biofiilsete põhimõtete uurimist ja edastamist. Igal tööriistal on erinevad võimalused – lihtsatest lohistamisliidestest kuni keerukamate simulatsioonipõhiste disainiplatvormideni.

Soovitatavad AR-tööriistad biofiilse disaini ja STEM-õppe jaoks

1. CoSpaces Edu

Platvorm: brauseripõhine, rakendustega iOS-ile ja Androidile

Sobib kõige paremini: interaktiivsete AR/VR 3D-stseenide loomiseks, kodeerimise integreerimiseks, disainiloo jutustamiseks

Miks see on kasulik:

CoSpaces Edu võimaldab õpilastel luua kaasahaaravaid keskkondi ja tuua need liitreaalsuse kaudu reaalsesse maailma. See toetab loogikapõhist kodeerimist ja füüsika simulatsioone, muutes selle rikkalikuks tööriistaks STEM-i integreerimiseks. Õpilased saavad modelleerida biofiilseid elemente, nagu rohelised koridorid, varju pakkuvad struktuurid või avatud õhuklassid, ja seejärel oma disainilahendusi segareaalsuses läbi käia.

Hariduslik mõju:

Bower jt (2017) tõid esile CoSpaces Edu kui ühe juhtiva tööriista kesk- ja gümnaasiumiõpilaste loominguliste ja ruumiliste pädevuste parandamiseks. See toetab jätkusuutlikkuse teemadega tegelemist uurimise ja esitlemise kaudu.

Veebisait: <https://cospaces.io>

2. Assemblr EDU

Platvorm: veebipõhine, iOS, Android

Sobib kõige paremini: kiireks prototüüpimiseks, visuaalse disaini esitlusteks, koostööks õppimiseks





Miks see on kasulik:

Assemblr EDU võimaldab õpilastel luua 3D-sisu, kasutades eelnevalt loodud mudelite teeki või omaenda üleslaadimisi. See on intuitiivne ja kasutajasõbralik isegi õppijatele, kes on liitreaalsusega alles algajad. Õpilased saavad luua ja paigutada biofiilseid elemente koolihoovidesse, kohalikesse parkidesse või linnatänavate maastikule.

Hariduslik mõju:

Uuringud nagu Tang jt (2022) näitavad, kuidas AR-põhised disainitegevused aitavad õppijatel tõlkida keskkonnateooriat visuaalselt ja ruumiliselt rikkalikeks väljenditeks, edendades keskkonnateadlikkust kaasahaarava digitaalse kaasatuse kaudu.

Veebisait: <https://www.assemblrworld.com>

3. Reaalsuse helilooja (Apple)

Platvorm: iOS ja macOS

Sobib kõige paremini: täpseks ruumiliseks kujundamiseks, AR-objektide kihiliseks paigutamiseks reaalsesse keskkonnadesse

Miks see on kasulik:

Reality Composer on osa Apple'i arenduspaketist ja võimaldab õppijatel ankurdada liitreaalsuse objekte reaalsesse keskkonnadesse, neid andurite abil manipuleerida ning simuleerida nende interaktsiooni ruumi ja valgusega. See sobib kõige paremini edasijõudnutele keskkooliõpilastele, kes on huvitatud arhitektuurilistest detailidest.

Hariduslik mõju:

See tööriist toetab vormi, proportsioonide ja elementide omavahelise interaktsiooni mõistmist – need on kriitilised oskused nii arhitektuurilises disainis kui ka keskkonna simulatsioonis (Wu jt, 2020).

Veebisait: <https://developer.apple.com/reality-composer/>

4. SketchAR

Platvorm: iOS, Android

Sobib kõige paremini: kontseptsiooni visandamiseks liitreaalsuses, vabavormiliseks visuaalseks eksperimenteerimiseks

Miks see on kasulik:

SketchAR ühendab joonistamise ja liitreaalsuse, muutes selle ideaalseks õpilastele, kes soovivad oma ideid käsitsi otse füüsilisse ruumi visandada. See tööriist toetab biomorfsete vormide, näiteks kõverate seinte, puudest inspireeritud struktuuride või maastikuelementide orgaanilist uurimist.

Veebisait: <https://sketchar.io>





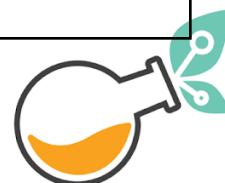
Kokkuvõte ja õppe integreerimine

Liitreaalsuse integreerimine biofiilse disaini haridusse võimaldab õppijatel olla aktiivsed tegijad tervislikumate linnakeskkondade ettekujutamisel. See on kooskõlas STEM-i eesmärkidega, ühendades vaatluse, katsetamise ja tehnilise disaini, kaasates samal ajal loovust, koostööd ja jätkusuutlikkuse kirjaoskust.

Selle osa lõpuks peaksid õppijad oskama:

- Tuvastage ja võrrelge disaini eesmärgil peamisi liitreaalsuse tööriistu.
- Kasutage biofiilse linnaelemendi visualiseerimiseks vähemalt ühte liitreaalsuse rakendust.
- Mõelge, kuidas liitreaalsuse kasutamine süvendab nende arusaama ruumist, loodusest ja inimese suhtlusest ehitatud keskkonnaga.

• Faas	Kirjeldus
Avasta	- Sissejuhatuse biofiilsetesse kontseptsioonidesse: tutvustada õppijatele biofiilse disaini teadust ja eesmärki linnakeskkonnas. - STEM-i kontekstualiseerimine: looduspõhise linnaplaneerimisega seotud bioloogiliste, füüsikaliste, matemaatiliste ja tehnoloogiliste põhimõtete tuvastamine. - Keskkonnavaatlus: juhendage õppijaid looduslike mustrite vaatlemisel ja





	dokumenteerimisel kohalikus või koolipõhises linnakeskkonnas. - Kontseptuaalne uurimistöö: uurige biofiilsete linnade ja linnakeskkonna looduse integratsiooni globaalseid näiteid (nt Singapuri rohekoridorid, Milano vertikaalsed metsad). - Vajaduste analüüs: tehke kindlaks lüngad olemasolevates õpiruumides ja õpilaste arusaamades säästvatest linnasüsteemidest.
Käivita	- Disainmõtlemine praktikas: Õpilaste juhitud linnaruumi ümberkujundamise väljakutsete hõlbustamine biofiilsete strateegiate abil, mis on kooskõlas STEM-põhimõtetega. - Interaktiivne prototüüpimine: kaasake õpilasi kohaspetsiifiliste või kontseptuaalsete biofiilsete linnalahenduste (nt rohelised katused, vihmaaiad, looduskoridorid) väljatöötamisse. - AR-prototüüpimine: õpilased visualiseerivad oma ümberkujundatud ruume AR-tööriistade, näiteks CoSpaces Edu või Assemblr EDU abil, simuleerides loomulikku valgust, õhuvoolu ja orgaanilisi vorme. - Koostööprojektid: Julgustage meeskonnatööd digitaalsete biofiilsete keskkondade loomisel, mis kajastavad ökosüsteemi teenuseid ja inimeste heaolu. - Tagasiside ja vastastikune refleksioon: õpilased esitlevad oma projekte, saavad vastastikuseid hinnanguid ja mõtisklevad selle üle, kuidas loodus ja tehnoloogia saavad kujundada tervemaid linnu.
Täiustama	- AR-oskuste arendamine: süvendage arusaamist AR-tööriistadest ja ruumilisest visualiseerimisest linnaplaneerimisel. - Rakendus biofiilsetele kontseptsioonidele: kasutage liitreaalsust, et uurida, kuidas disainielemendid, näiteks rohelised fassaadid, valguskoridorid või puuvõrad reaalsetes ruumides toimivad. - AR-põhine jutustamine: õpilased jutustavad oma biofiilseid projekte AR-annotatsioonide abil, demonstreerides oma disainivalikute taga olevat STEM-loogikat. - Mängustatud õpikogemused: • Teenige punkte ja märke biofiilsete elementide (nt kohalikud puud, looduslikud materjalid) tuvastamise või paigutamise eest. • Liikuge edasi linnakeskkonna väljakutseid simuleerivate disainiülesannete kaudu (nt varju või vee äravoolu haldamine). • Töötage meeskondades „roheline linna” simulatsioonide kallal ja võistelge kõige jätkusuutlikuma ruumi kujundamise nimel. - AR-põhine hindamine: hinnake disaini mõistmist AR-interaktsioonide kaudu (nt kohapõhised väljakutsed või stsenaariumivastused), mõõtes nii ruumilist mõtlemist kui ka STEM-teadmiste rakendamist.

Ressursid:





Absoluutselt haridus. (2022). Biofiilse klassiruumi pilootprojekt – Putney keskkool.
<https://absolutely-education.co.uk/biophilic-design-in-schools/>

Alaneme, K. K. ja Anaele, J. U. (2023). Seeneniidistikul põhinevad komposiidid: ülevaade nende biotootmisprotseduuridest, materjalomadustest ja potentsiaalset rohelist ehitust ja ehitusrakenduste jaoks. Alexandria Engineering Journal, 83(2), 234–250.
<https://doi.org/10.1016/j.aej.2023.10.012>

Al Sayyed, H. ja Al-Azhari, W. (2025). Biofiilse disaini rolli uurimine elamispindade mugavuse suurendamisel: inimese füsioloogiline reaktsioon kaasahaaravas virtuaalses keskkonnas. Frontiers in Virtual Reality, 6, 1411–25.

Aytekin, A. jt (2024). Edusammud mikroobse iseterveneva betooni valdkonnas: mehhanismide, arengute ja tulevikusuundade kriitiline ülevaade. Science of The Total Environment, 905, 167504. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.167504>

Beatley, T. (2011). Biofiilsed linnad: looduse integreerimine linnaplaneerimisse ja -planeerimisse. Island Press.

Beatley, T. (2017). „Biofiilse linnaplaneerimise ja -disaini käsiraamat“. Washington, DC: Island Press/Ressursimajanduse Keskus. doi: 10.5822/978-1-61091-621-9.

Bewza, A. (2012). „Piiride ühendamine: kodu kohanemisevõimeline mõiste“, ProQuesti väitekirjad ja lõputööd. Manitoba Ülikool (Kanada). Saadaval aadressil: <http://libresources.sait.ab.ca/login?url=https://search.proquest.com/docview/1314574108?accountid=13652>.

Browning, W. D., Ryan, C. O. ja Clancy, J. O. (2014). 14 biofiilse disaini mustrit: tervise ja heaolu parandamine ehitatud keskkonnas. Terrapin Bright Green. <https://www.terrapinbrightgreen.com/reports/14-patterns>

Bower, M., Howe, C., McCredie, N., Robinson, A. ja Grover, D. (2017). Liitreaalsus hariduses – juhtumid, kohad ja potentsiaalid. Educational Media International, 54(1), 1–15.
<https://doi.org/10.1080/09523987.2017.1404355>

Elverici, G. (2024). Madala kiirgusvõimega klaas muudab hoonete energiatõhusust revolutsiooniliselt. Vaata, kuidas. Maailma Majandusfoorum. <https://www.weforum.org/stories/2024/06/low-emissivity-glass-revolutionizing-building-efficiency/>

Global Wellness Institute. (2018). Ehita hästi, et elada hästi: biofiilse disaini juhised. <https://globalwellnessinstitute.org/wp-content/uploads/2018/12/biophilicdesignguide-en.pdf>





Gray, T. ja Birrell, C. (2014). „Kas biofiilselt projekteeritud büroohooned on seotud tervisega seotud eeliste ja kõrge sooritusvõimega elanikega?“, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 11(12), lk 12204–12222. doi: 10.3390/ijerph111212204.

Jamei, E., Rajagopalan, P., Seyedmahmoudian, M. ja Jamei, Y. (2016). Ülevaade linna geomeetria ja haljastuse mõjust välistingimustes valitsevale soojusmugavusele. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 54, 1002–1017. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.10.104>

Kaplan, R. ja Kaplan, S. (1989). *Loodusekogemus: psühholoogiline vaatenurk*. Cambridge University Press.

Kellert, S. R., Heerwagen, J. H. ja Mador, M. L. (2008). *Biofiilne disain: hoonete elluäratamise teooria, teadus ja praktika*. Wiley.

Kellert, S. R. ja Calabrese, E. F. (2015). „Biofiilse disaini praktika“, *Biophilic-Design.Com*, lk 1–20. doi: 10.1063/1.1387590.

Leal Filho, W., Salvia, A. L., Lazzarini, B. ja Will, M. (2024). Disainmõtlemine säästva arengu heaks: bibliomeetriline analüüs ja juhtumiuuring. *Journal of Cleaner Production*, 455, 142285. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.142285>.

Li, D. ja Sullivan, W. C. (2016). Koolimaastiku vaadete mõju stressist ja vaimsest väsimusest taastumisele. *Maastiku- ja linnaplaneerimine*, 148, 149–158. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.12.015>

Mangone, G. jt (2017). „Looduse toomine tööle: eelistused ja arusaamad ehitatud sise- ja looduslikest välistingimustes tööruumidest“, *Urban Forestry & Urban Greening*, 23, lk 1–12. doi: 10.1016/j.ufug.2017.02.009

Mnasri, S. jt (2021). Biopõhised ehitusmaterjalid jätkusuutliku tuleviku jaoks: ülevaade. *Case Studies in Construction Materials*, 15, e00679. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2021.e00679>

Orman, P. (2017). „Biofiilia hüpoteesi mõistmine võrdleva analüüsi kaudu.“ „Elamutüübid Phoenixis, São Paulos ja Tokyos“, *ProQuesti väitekirjad ja lõputööd*. Arizona Osariigi Ülikool. Saadaval aadressil: <http://libresources.sait.ab.ca/login?url=https://search.proquest.com/docview/1965514378?accountid=13652>

Senthil, M., Jayalakshmi, S. (2025). Biofiilne arhitektuur: looduse integreerimine arhitektuuri säästva elu ja parema heaolu nimel. *IJRPR*, DOI: <https://doi.org/10.55248/gengpi.6.0325.1237>.

Spivack, A. J., Askay, D. A. ja Rogelberg, S. G. (2010). „Kaasaegsed füüsilised tööruumid: ülevaade praegustest uuringutest, suundumustest ja tulevaste keskkonnapsühholoogia uuringute mõjust“, teoses „*Environmental Psychology: New Developments*“, lk 37–62. Saadaval





aadressil: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84895332762&partnerID=40&md5=fac398af48d1741786ee330bdf164ca6>.

Szewrański S, Mrówczyńska MM, Hoof J van. Biofiilia kaasaegses disainis: tulevikuvõimaluste ja väljakutsete läbimine. Sise- ja ehitatud keskkond. 2024;34(1):3-6.
doi:10.1177/1420326X241262626.

Tang, J., Fan, X. ja Deng, Y. (2022). Liitreaalsus ja keskkonnateadlikkus: kaasahaaravate lähenemisviiside uurimine jätkusuutlikkuse hariduses. International Journal of Environmental and Science Education, 17(4), 55–72.

Terrapin Bright Green. (2012). Biofiilia majandusteadus.

UCEM – Kinnisvarahalduse Ülikooli Kolledž. (2022). Biofiilia: näited ehitatud keskkonnas.
<https://www.ucem.ac.uk/whats-happening/articles/biophilia-examples-built-environment/>

Ulrich, R. S. (1984). Vaade aknast võib mõjutada operatsioonist taastumist. Science, 224(4647), 420–421. <https://doi.org/10.1126/science.6143402>

Ulrich, R. S. (1991). Sisekujunduse mõju heaolule: teooria ja uuemad teaduslikud uuringud. Journal of Health Care Interior Design.

Vagal. R. (2020), Biofiilse disaini teooria, Mohawk Group.

Van den Berg, A. E., Koole, S. L. ja Van der Wulp, N. Y. (2003). Keskkonnaeelistus ja taastamine: (kuidas) need on seotud? Journal of Environmental Psychology, 23(2), 135–146.

Wilson, E. O. (1984). Biofiilia. Harvardi Ülikooli Kirjastus.

Wijesooriya, M. jt (2023). Biofiilse disaini raamistikud: ülevaade konstruktsioonist, arendustehnikatest ja nende ühilduvusest LEEDi säästva disaini kriteeriumidega. Journal of Green Building, 18(1), 45–60.

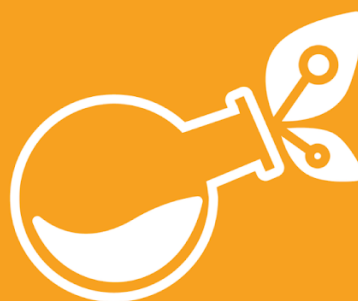
Wu, H. K., Lee, S. W. Y., Chang, H. Y. ja Liang, J. C. (2020). Liitreaalsuse praegune olukord, võimalused ja väljakutsed hariduses. Arvutid ja haridus, 62, 41–49.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.10.024>







Co-funded by
the European Union



BIOS4YOU AR 2.0

BIO-INSPIRED STEM TOPICS FOR ENGAGING YOUNG GENERATIONS
THANKS TO THE USE OF AUGMENTED REALITY



Project Number: KA220-BW-23-30-126516

Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or the European Education and Culture Executive Agency (EACEA). Neither the European Union nor EACEA can be held responsible for them.