ET4D

Co-funded by the European Union



ET4Digital – kutsehariduskeskuste õpetajate võimestamine digitaalseks innovatsiooniks ehituslikus ökosüsteemis

Väljund 2.1

Ehitussektori digitaalse ökosüsteemi analüüs

Põhiautor	**Massimo Fuccaro - R2M Solution**
PP	

Projekt on rahastatud Euroopa Liidu poolt. Sellegipoolest peegeldavad siin avaldatud seisukohad ja arvamused eeskätt autori(te) omi ega väljenda tingimata Euroopa Liidu ega Euroopa Hariduse ja Kultuuri Rakendusameti (EACEA) seisukohti. Euroopa Liit ega EACEA ei vastuta nende eest.

Tehnilised viited

Projekti akronüüm	**ET4DIGITAL**
Projekti pealkiri	**KUTSEHARIDUSKESKUSTE ÕPETAJATE VÕIMESTAMINE DIGITAALSEKS INNOVATSIOONIKS EHITUSLIKUS ÖKOSÜSTEEMIS**
Projekti koordineerija	**IIPLE**
Projekti kestus	**24 kuud**

Väljundi nr.	**D2.1**
Levitamise tase [1]	**PU**
Tööpakett (WP)	**WP2**
Ülesanne	**ÜLESANNE 2.1.**
Peamine toetussaaja	**R2M Solution**
Teised toetussaajad	
Raporti esitamise tähtaeg	**30/04/2025**
Tegelik esitamise aeg	**30/04/2025**

[1] PU = Avalik

PP = Piiratud teistele programmis osalejatele (sh Euroopa Komisjoni talitajad)

RE = Piiratud konsortsiumi (sh Euroopa Komisjoni talitajad) määratud rühmaga

CO = Konfidentsiaalne, avatud ainult konsortsiumi liikmetele (sh Euroopa Komisjoni talitajatele)

Dokumendi ajalugu

V	Kuupäev	Toetussaaja	Autor
1	22/04/2025	R2M Solution	Massimo Fuccaro
2	29/04/2025	R2M Solution	Thomas Messervey , Marco Calderoni (ülevaataja)
3			
4			

Sisukord

KOKKUVÕTE. 5

1. SISSEJUHATUS. 7

1.1. WP2 EESMÄRGID JA OLULISEMAD TULEMUSED. 7
1.2. ÜLEVAADE WP2 VÕTMETULEMUSTEST. 8
1.3. WP2 ROLL ET4DIGITAL PROJEKTIS. 9
1.4. SELLE RAPORTI EESMÄRK. 9
1.5. PEAMISTE DIGITEHNOLOOGIATE TUTVUSTUS. 10

2. KIRJANDUSE ÜLEVAADE. 11

2.1. DIGITALISEERIMINE ARHITEKTUURI, INSENERITEADUSE, EHITUSE JA HALDAMISE (AECO) SEKTORIS. 11
2.2. KOOLITAJATE ROLL DIGIÜLEMINEKUL. 12
2.3. EUROOPA TUGIRAAMISTIKUD (DIGCOMP, DIGCOMPEDU, ECSO). 13
2.4. KAALUTLUSED KUTSEÕPPE KONTEKSTIGA SEONDUVALT. 14

3. METODOLOOGIA. 15

3.1. ANDMETE KOGUMISE VAHENDID: UURINGUD JA FOOKUSGRUPID. 15
3.2. VALIMI OMADUSED. 16
3.3. ANALÜÜTILINE LÄHENEMISVIIS. 17
3.4. METODOLOOGILISED PIIRANGUD JA USALDUSVÄÄRSUS. 18

4. VALIMI JA KÜSITLUSTE VASTUSTE ANALÜÜS. 19

4.1. OSALEJATE PROFESSIONAALSED PROFIILID. 19
4.2. DIGITEHNOLOOGIATE TUNDMISE ERINEVAD TASEMED. 20
4.3. KOOLITAJATE TAJUTAVAD DIGIPÄDEVUSED. 22
4.4. KOMPETENTSUSTASEMETE LIHTSUSTATUD KLASSIFIKATSIOON. 23

5. DIGITEHNOLOOGIATE RAAMISTIK. 24

5.1. UURINGUTES ESILE KERKINUD TEHNOLOOGIAD JA NENDE KATEGORISATSIOON. 24
5.2. DIGITEHNOLOOGIATE TEADMISE JA KASUTAMISE TASE. 27
5.3. OSALEJATE VÄLJATOODUD TAKISTUSED JA VÕIMALUSED. 28
5.4. KOOLITAJATE HINNANGUL PRIORITEETSED TEHNOLOOGIAD. 29
5.5. SOOVITUSED TEHNOLOOGIA KASUTUSELEVÕTUKS. 30

6. KOOLITAJATE DIGIPÄDEVUSTE KAARDISTAMINE. 32

6.1. ASJAKOHASED PÄDEVUSVALDKONNAD. 32
6.2. UURINGUS ESILE TOODUD PROBLEEMKOHAD. 33
6.3. VÕTMEJUHTUMID JA AVATUD KÜSIMUSTIKELE LAEKUNUD VASTUSED. 34
6.4. VISUAALNE OSKUSTE KAART JA HARIDUSLIKUD SOOVITUSED. 34

7. JÄRELDUSED JA STRATEEGILISED ETTEPANEKUD. 36

7.1. STRATEEGILISED ETTEPANEKUD. 37

LISA 39

A. KÜSITLUSE STRUKTUUR. 39

B. KASUTATUD KIRJANDUS. 45

Kokkuvõte.

“ET4Digital – kutsehariduskeskuste õpetajate võimestamine digitaalseks innovatsiooniks ehituslikus ökosüsteemis“ projekti eesmärk on muuta koolitajate koolitamine efektiivsemaks, kvaliteetsemaks ja innovaatilisemaks, et digitaalsete tehnoloogiate integreerimine ehitussektoris kulgeks sujuvalt. Eelnimetatud initsiatiiv hõlmab innovatiivsete vahendite loomist ning terviklikku programmi, mis on pühendatud võimekuse suurendamisele. Koolitajad osalevad spetsiaalselt loodud digitehnoloogiate demonstratsiooniprogrammis, mis pakub praktilise väärtusega kogemust. Projekti eesmärk on koolitusprogrammide ühise kavandamise, testimise ja valideerimise kaudu ületada tõkked, mis on seni takistanud digitehnoloogiate kasutuselevõttu VKE-de poolt. Lõppeesmärk on anda koolitajatele võimalus juhtida digitaalset üleminekut ehitussektoris ning kasutada ära selle märkimisväärseid, ent seni vähest rakendust leidnud võimalusi.
Kuigi digitaalne innovatsioon on viimastel aastatel märkimisväärselt kasvanud, on ettevõtetel olnud keeruline seda tohutut potentsiaali tõhusalt ära kasutada. Digitaliseerimine ehitussektoris võib pakkuda märkimisväärseid võimalusi kogu väärtusahelale – lisaks olemasolevate tavade parendamisele on võimalik luua ja integreerida ka uusi murrangulisi tehnoloogiaid ja tööriistu, mis võiksid viia uute protsesside, ärimudelite, materjalide ja lahendusteni. Oluline on rõhutada, et digitehnoloogiate kombineerimine võimaldab maksimeerida digitaalse transformatsiooniga seotud eeliseid. Näiteks BIM, nutistu ehk asjade internet (IoT), liitreaalsus (AR) ja digikaksikud (Digital Twins) on omavahel tihedalt seotud tehnoloogiad, mis üksteist võimendavad ja mida võib vaadelda sama digitaalse transformatsiooni erinevate etappidena või elementidena.

Nagu mitmed riiklikud ning mujal Euroopas tehtud uuringud on näidanud, on ehitussektor digitaliseerimise osas teistest tööstusharudest kaugel maas.
Praegu seisab Euroopa ehitussektor silmitsi väljakutsetega, mis takistavad selle konkurentsivõimet. Nende hulgas on:
• Tööjõupuudus
• Digitaalsete oskuste puudumine mõnes riigis
• Ettevõtjate ja töötajate huvipuudus protsesside digitaliseerimise vastu
• Noorte motivatsiooni puudumine selles sektoris töötamiseks
• Vajadus suurendada tootlikkust, parandades samal ajal kvaliteeti, kulutõhusust ja projektide edukat elluviimist
• Tehnoloogiate ja digitaalsete tööriistadega seotud kõrged kulud

Eeltoodu valguses on antud projekti spetsiifiline eesmärk pakkuda professionaalsetele koolitajatele kohandatud programme, mille eesmärk on varustada neid uute digitaalsete strateegiate, tööriistade ja oskustega. Need koolitajad mängivad olulist rolli ettevõtetele ja töötajatele digitaliseerimise eeliste ja positiivsete tulemuste demonstreerimisel ja vahendamisel. See lähenemisviis hõlbustab töötajate oskuste täiendamist digitaliseerimise valdkonnas, rõhutades, et traditsioonilisi materjale

ja tehnikaid saab digitaaltehnoloogiatega uuenduslikult toetada, vähendades sellega rahalist ja ajalist kulu.
Lisaks on tööturg pidevas arengus, kujundades olulisi oskuseid ja profiile, mida töötajad esindama peavad, et vastata ettevõtete ja tööandjate nõudmistele. Ehitussektoris vajalike kutseprofiilide ajakohastamise ja sektoris aset leidvate protsesside digitaliseerimise abil on võimalik traditsiooniliseks peetav töövaldkond muuta atraktiivsemaks noortele ja haritud töötajatele.

1. Sissejuhatus.

1.1. WP2 eesmärgid ja olulisemad tulemused.

ET4Digital projekti tööpakett 2 (WP2) analüüsib ehitussektori digitaliseerimise praegust seisu ning tuvastab andme- ja tõenduspõhise lähenemisviisi abil digioskused, mida koolitajad vajavad VKE-de digitaalse ülemineku juhendamiseks. WP2 esindab kogu projekti uurimuslikku algusfaasi, pakkudes teadmisi ja operatiivset alust koolitusraamistiku (WP3) ja haridussisu (WP4) kujundamiseks.
WP2 peamine eesmärk on digitehnoloogiate raamistiku väljatöötamine, mida oleks võimalik AECO sektorile (arhitektuur, inseneriteadus, ehitus ja haldus) kohaldada. See tehnoloogiline raamistik töötati välja analüüsides Euroopa turul ja partnerriikides juba saadavalolevate tehnoloogiate tegelikku levikut, kavandatud kasutusviise, tajutavaid eeliseid ja kasutuselevõtu takistusi. Erilist tähelepanu pöörati nende tehnoloogiate olulisusele ehitussektori VKE-de jaoks. Raamistik võimaldas tuvastada kõige lootustandvamad uued tehnoloogiad ja kaardistada sektori sidusrühmade tajutavad prioriteedid.
Teine eesmärk on luua koolitajate jaoks kaart digitaalsetest oskustest, tehes kindlaks õpetajate, koolitajate ja kutseharidusspetsialistide praegused digitaalsed oskused ning peamised lüngad, millega tuleb tegeleda, et muuta oskuste täiendamise protsess tõhusamaks ja viia see vastavusse turuvajadustega. Kaardistus põhineb spetsiaalselt läbiviidud küsimustikupõhisel uuringul, mille tulemusi on kinnitatud kvalitatiivsete aruteludega.
Nende eesmärkide saavutamiseks võttis WP2 kasutusele mitmemeetodilise ja integreeritud metoodoloogia, mis põhineb mitmel andmekogumisvahendil:

1. kirjanduse ülevaade ja peamiste Euroopa digitaliseerimis-, pädevus- ja koolitusraamistike (DigComp, DigCompEdu, ECSO, CEDEFOP...) analüüs;
2. kaks veebiküsitlust:
   - Uuring 1, mis kogus andmeid digitehnoloogiate omaksvõtmise ja tajumise kohta tehnikutelt, ettevõtjatelt, disaineritelt ja ehitusspetsialistidelt;
   - Uuring 2, mis uuris kutseõppe koolitajatelt ja õpetajatelt nende digipädevuse taset ja koolitusvajadusi;
3. 14 riiklikku fookusgruppi (kaks igas partnerriigis), kes kinnitasid ja täiendasid küsitluste kaudu saadud tulemusi, tuues esile riikide kultuurilisi, tegevusalaseid ja süsteemseid erinevusi;
4. sidusrühmade paneeli loomine, et jagada uusi tulemusi ja julgustada dialoogi ettevõtete, koolitusasutuste, poliitikakujundajate ja teiste süsteemi osaliste vahel.

Kogutud info võrdlusest koorusid välja mõned olulised tulemused. Tehnoloogilise poole pealt kuuluvad enimkasutatavate tööriistade hulka BIM, 3D-projekteerimistarkvara, IoT-andurid, koostööplatvormid ja ehitusplatsi monitoorimistehnoloogiad. Uuenduslikumad tehnoloogiad, nagu tehisintellekt, digikaksikud, AR/VR ja 3D-printimine on küsimustikele vastajate ja fookusgrupis osalejate sõnul endiselt alakasutatud, ent väga strateegilised tulevikku silmas pidades. Peamised põhjused, mis nende kasutuselevõttu takistavad, on kõrged esialgsed kulud, vajalike oskuste puudumine, kultuuriline vastuseis muutustele ja ebapiisav asjakohane koolitus.
Oskustest poole pealt näitavad koolitajad üles head olemasolevat arusaama põhilistest lihtsamatest digitaalsetest tööriistadest, kuid spetsialiseeritumad tööriistad (BIM, virtuaalreaalsus,

andmehaldus) jäävad neile võõraks. On suur nõudlus koolituste järele, mis käsitleksid teemasid nagu rakenduslik tehisintellekt, IoT ja digitaalne simulatsioon. Samuti ilmneb vajadus valdkondadevahelisusele, näiteks võime kujundada digitaalseid õppemooduleid, hallata hübriidkoolituskeskkondi ja hinnata tehnoloogiate mõju õpitulemustele.
Uurimistulemused pakuvad kindlat tuge disainimaks elulähedast modulaarset koolitussisu järgmistes tööpakettides (WP-d), põhinedes seejuures reaalsetel juhtumitel ja olles kooskõlas koolitajate ja ehitussektori VKE-de vajadustega.

1.2. Ülevaade WP2 võtmetulemustest.

Järgnev peatükk annab ülevaate olulisematest avastustest, mis kerkisid esile tööpakett 2 (WP2) rakendamise käigus. Tööpakett uuris digitaalse transformatsiooni praegust seisu ehitussektoris ning kutsehariduse ja -koolituse rolli selle ülemineku toetamisel. Kuigi täpsemad järeldused on esitatud peatükkides 4, 5 ja 6, on selle lühikese ülevaate eesmärk kontekstualiseerida projekti strateegiline olulisus ja piiritleda vajalikud tegevused.
Kahe eelmainitud Euroopa küsimustiku ja 14 riikliku fookusgrupi koondtulemused kinnitavad laialdast huvi digitehnoloogiate vastu kogu AECO (arhitektuuri, projekteerimise, ehituse ja halduse) sektoris. Kasutuselevõtu ja integreerimise tase on aga endiselt väga erinev. Enamik spetsialiste väidab, et nad tunnevad põhilisi digitaalseid tööriistu – nagu CAD-tarkvara, laserskaneerimine ja GPS-põhine jälgimine – kuid vähem on nad kursis keerukamate või integreeritud süsteemidega, nagu digikaksikud, tehisintellekti rakendused või asjade internetipõhine ennustav analüüs.
Enim välja toodud tehnoloogiate hulgas on hooneteabe modelleerimine (BIM), mis on küll laialdaselt tunnustatud, ent vähe kasutust leidnud, ning asjade interneti ehk nutistu süsteemid ohutuse ja energiatarbimise monitoorimiseks. Digitaalsete kaksikute ja immersiivsete tehnoloogiate, nagu liit- ja virtuaalreaalsus (AR/VR), vastu on üha suurem huvi, ent neid peetakse endiselt keerukateks, kulukateks või tuntakse puudust praktiliste rakendusnäidete olemasolust. Kirjeldatud muster on esil nii spetsialistide kui koolitajate seas, mis viitab nende sarnastele seisukohtadele, ent erisustele suutlikkuse ja valmisoleku osas.
Kutsekoolitajad näitavad üles suurt innovatsioonivalmidust, kuid seisavad silmitsi mitmete takistustega – piiratud juurdepääs ajakohastatud seadmetele, struktureeritud koolitusteekondade puudumine ja raskused haridussisu kiiresti muutuvate tööstusvajadustega vastavusse viimisel. Koolitajad tunnevad puudust paindlikest, modulaarsetest ja praktikale orienteeritud õppematerjalidest, mida saab hõlpsasti integreerida olemasolevatesse õppekavadesse.
Fookusgrupid tõid lisaks esile ka riiklikud ja institutsionaalsed erinevused, samuti valdkondadevahelised väljakutseid, nagu kultuuriline vastumeelsus muutuste osas, initsiatiivide killustatus ning ebapiisav koostöö ettevõtete ja koolituspakkujate vahel.
Kokkuvõttes võib öelda, et need esialgsed tulemused on kooskõlas ET4Digital projekti tagamaade ja missiooniga pakkuda tuge koolitajatele, kes kujutavad endast digitaalse transformatsiooni võtmeisikuid. Järgmistes peatükkides avatakse siin vaid põgusalt käsitletud teemasid üksikasjalikumalt, pakkudes andmepõhiseid tõendeid ja kvalitatiivseid refleksioone, et aidata kaasa haridusressursside kujundamisele ja koolitusmudeli loomisele järgmistes tööpakettides.

1.3. WP2 roll ET4Digital projektis.

Projekt “ET4Digital – kutsehariduskeskuste õpetajate võimestamine digitaalseks innovatsiooniks ehituslikus ökosüsteemis“ käivitati eesmärgiga tugevdada digikompetentsi kutsehariduses ning koolitada ehitussektori koolitajaid, panustades sellega otseselt ehitustööstuse VKE-de digitaalsesse transformatsiooni. Projekt on kooskõlas Euroopa digitaalse ja rohelise ülemineku alaste prioriteetidega, seades koolitajad kui haridusliku, tehnilise ja kutsealase innovatsiooni peamised võimaldajad kesksele positsioonile.
Projektis osalevad partnerid seitsmest Euroopa riigist: Austria, Eesti, Saksamaa, Kreeka, Itaalia, Põhja-Makedoonia ja Hispaania. Partnerite koordineeritud koostöös on loodud tööpakettide komplekt, mille eesmärk on luua uus Euroopa mudel koolitajate digipädevuste arendamiseks, keskendudes praktilisele rakendatavusele ehitussektori VKE-des.
WP2 esindab projekti uurimuslikku ja analüütilist etappi. Sellel on kaks eesmärki: ühelt poolt luua ajakohane ja struktureeritud ülevaade ehitussektoris praegu rakendatavatest digitehnoloogiatest, hinnates nende levikut, takistusi, eeliseid ja prioriteete; teiselt poolt kaardistada kutseõppe koolitajate praegu olemasolevaid, vajalikke või eeldatavasti omandatavaid digipädevusi, tuvastades peamised lüngad, mis tuleb täita, ja pakkudes juhiseid koolituse kavandamiseks. WP2 loob seega aluse, millele ehitatakse järgnevalt WP3 (koolitusmudel) ja WP4 (platvormid ja sisu), tagades sellega metodoloogilise järjepidevuse, tehnilise asjakohasuse ja kooskõla sektori tegelike vajadustega.

1.4. Selle raporti eesmärk.

Selle raporti eesmärk on süstemaatiliselt dokumenteerida ET4Digital WP2 raames läbi viidud tegevusi ja seeläbi saavutatud tulemusi. WP2 esindab projekti analüütilist etappi, mille käigus tehti põhjalik uurimus ehitussektori digitaliseerimise hetkeseisust, digitehnoloogiate kasutuselevõtust ja koolitajate rollist selles protsessis.
Kirjanduse ülevaate, kahe Euroopa-põhise uuringu, 14 riikliku fookusgrupi ning sidusrühmade ja võtmeisikute otsese kaasamise abil võimaldas WP2 abil koguda kindlat ja valideeritud empiiriliste tõendite baasi. Selle dokumendi eesmärk on sünteesida ja esitada omandatud teadmised struktureeritud viisil, pakkudes realistlikku ja ajakohast ülevaadet ehitussektori digitaalsest maastikust. See kirjeldab VKE-de jaoks kõige olulisemaks peetavaid tehnoloogiaid, nende kasutuselevõttu takistavaid ja soodustavaid tegureid, samuti koolitajate kõige nõutumaid digipädevusi ja peamisi lünki.
Käesolevas aruandes esitatud tulemused on lähtepunktiks järgmistele projektifaasidele. Eelkõige pakub WP2 olulisi sissevaateid Euroopa ehitussektori digitaliseerimise koolitusmudeli väljatöötamiseks, mida täpsustatakse WP3-s, ning spetsiifilise ja modulaarse koolitussisu loomiseks, mida rakendatakse WP4-s. Seega kujutab see väljund endast silda esialgse analüüsi ja tegevusfaasi vahel, tagades järjepidevuse, sidususe ja kooskõla projekti kavandatud mõjuga.
Aidates kaasa kutseõppe koolitajate oskuste täiendamisele ja toetades ehitussektori VKE-de digitaalset ümberkujundamist, on see väljund kooskõlas Erasmus+ programmi üldeesmärkidega – nimelt innovatsiooni edendamisega kutsehariduses, tööalase konkurentsivõime parandamisega ja digioskuste lõhe ületamisega kogu Euroopas.

1.5. Peamiste digitehnoloogiate tutvustus.

Selleks, et tagada käesolevas raportis kasutatava terminoloogia osas selgus ja ühtsus, esitatakse selles alapeatükis lühike, kuid struktureeritud kirjeldus peamistest digitehnoloogiatest, mis tulid esile WP2 kirjanduse ülevaatest, uuringutest ja fookusgruppidest. Kirjeldatavad tehnoloogiad on ehitussektori digitaalse transformatsiooni keskmes ja moodustavad tulevaste koolitusvõimaluste kavandamise põhialuse.

Ehitise infomudel (BIM). BIM on koostööl põhinev protsess, mis tugineb intelligentsetele 3D-mudelitele, et genereerida ja hallata digitaalseid kujutisi ehitatud vara füüsilistest ja funktsionaalsetest omadustest. See toetab projekti kogu elutsüklit alates varajasest projekteerimisest kuni ehituse ja rajatise haldamiseni, integreerides geomeetria, andmed, protsessid ja sidusrühmad. BIM parandab spetsialistidevahelist koordineerimist, hõlbustab ebakõlade tuvastamist, parandab projekti täpsust ning võimaldab paremat kulude ja aja haldamist. Selle kasutamine on üha tihedamini kohustuslik riigihangete menetlustes kogu Euroopas.

Digitaalne kaksik. Digitaalne kaksik on füüsilise vara või süsteemi dünaamiline, reaalajas muutuv digitaalne koopia, mille sisenditeks on andmed anduritelt ja muudest allikatest. See võimaldab detailseid simulatsioone, jõudluse jälgimist ja ennustavat hooldust. Ehituses kasutatakse digitaalseid kaksikuid hoone käitumise ennustamiseks, energiatarbimise optimeerimiseks ja nutika hoolduse võimaldamiseks. Kuigi kontseptsioon on sektoris alles uus, peetakse seda suure potentsiaaliga tehnoloogiaks, mille rakendused ulatuvad projekteerimisfaasist kaugemale, käitamise ja dekomisjoneerimise etappideni välja.

Asjade internet (IoT). Asjade internet viitab andurite ja ühenduvusega füüsiliste seadmete võrgustikule, mis on võimeline andmeid koguma ja edastama. Ehitussektoris võimaldab IoT jälgida erinevaid parameetreid reaalajas – näiteks temperatuuri, konstruktsiooni pinget, vibratsiooni või töötajate liikumist – aidates sellega kaasa ohutuse, energiakulu ja ennustava hoolduse optimeerimisele. IoT süsteemid moodustavad paljude nutikate hoonete ja objektide jälgimise rakenduste selgroo.

Tehisintellekt (AI). AI hõlmab laia valikut tehnoloogiaid, mis võimaldavad masinatel simuleerida inimese intelligentsust, sealhulgas õppimist, arutlemist ja otsuste tegemist. Ehituses kasutatakse tehisintellekti ajaplaneerimiseks, riskihindamiseks, energiaprognoosimiseks ja ressursside jaotamiseks. Täiustatud rakendused hõlmavad masinõppe algoritme, mis on võimelised tuvastama mustreid ja anomaaliaid suurtes andmekogumites, toetades sellega ennustavat hooldust, kvaliteedikontrolli ja projektijuhtimist.

Liitreaalsus (AR) ja virtuaalreaalsus (VR). AR- ja VR-tehnoloogiad pakuvad kaasahaaravaid ja interaktiivseid keskkondi koolitamiseks, disainimiseks ja suhtlemiseks. AR lisab digitaalsed elemendid reaalsele füüsilisele maailmale, olles seeläbi kasulik vahend objektiinspektsiooniks, reaalajas juhendamiseks või ohutusalase visualiseerimise jaoks. VR loob aga täielikult virtuaalseid stsenaariume simulatsioonipõhiseks õppimiseks, disaini läbivaatuseks või sidusrühmade kaasamiseks. Neid tööriistu integreeritakse üha enam koolitusprogrammidesse, et tõsta kaasatust ja süvendada arusaamist.

3D-printimine (lisandite tootmine). 3D-printimine hõlmab objektide kiht-kihilt valmistamist digitaalsete mudelite põhjal. Ehituses kasutatakse seda tehnoloogiat konstruktsioonielementide, prototüüpide või tervete komponentide loomiseks betoonist või muudest materjalidest. See pakub eeliseid kiiruse, kohandamise ja materjalitõhususe osas ning selle muudab atraktiivseks selle potentsiaal vähendada jäätmeid ja kulusid ehitusprotsessides.
Pilvepõhised koostööplatvormid. Need platvormid võimaldavad kaugjuurdepääsu projektiandmetele, meeskonnaliikmetevahelist reaalajas suhtlust ja ühist dokumendihaldust. Selliseid tööriistu kasutatakse laialdaselt hooneteabe modelleerimise keskkondades ja projektijuhtimises ning need on olulised keerukate töövoogude koordineerimiseks, eriti kui mitu sidusrühma tegutsevad erinevates kohtades. Nende integreerimine soodustab läbipaistvust, versioonikontrolli ja sidusrühmade kaasamist.

2. Kirjanduse ülevaade.

See peatükk koondab ja sünteesib peamised teoreetilised, regulatiivsed ja poliitilised viited, mis on seotud digitaliseerimisega ehitussektoris ja digitaalsete pädevuste arendamisega kutsehariduse ja -koolituse kontekstis. Kirjanduse ülevaate koostamine kujutas endast WP2 esimest ja strateegilist etappi, mis oli oluline nii uurimisvahendite (küsitlused ja fookusgrupid) kujundamise suunamisel kui ka kogutud tulemuste raamistamisel kindlasse võrdluskonteksti, mis oleks kooskõlas Euroopa peamiste trendidega.
Digitaliseerimine AECO sektoris (arhitektuur, inseneriteadus, ehitus ja haldamine) on endiselt heterogeenne, ent nüüdseks paremini struktureeritud protsess, mis hõlmab tehnoloogiaid, organisatsioonimudeleid ja koolituspraktikaid. Käimasolevate muutuste mõistmiseks oli vaja analüüsida hiljutisi uuringuid, institutsioonilisi aruandeid ja Euroopa raamistikke.
Analüüsitud kirjandus võimaldas tuvastada digitaalse transformatsiooni peamised liikumapanevad jõud, süsteemsed takistused, mis takistavad selle omaksvõttu VKE-des, ja koolitajate strateegilist rolli selle ülemineku toetamisel. Põhjalikult uuriti nelja temaatilist valdkonda: digitaliseerimise olukord ehitussektoris; koolitajate roll digitaalses üleminekus; Euroopa digitaalse pädevuse raamistikud (nt DigComp, DigCompEdu, ECSO) ja selle mõju kutseharidussüsteemile.

2.1. Digitaliseerimine arhitektuuri, inseneriteaduse, ehituse ja haldamise (AECO) sektoris.

Digitaliseerimine muudab järk-järgult ehitussektorit, julgustades ettevõtteid, projekteerijaid ja institutsionaalseid sidusrühmi võtma kasutusele uusi tehnoloogiaid, mis on võimelised parandama tõhusust, kvaliteeti ja jätkusuutlikkust kogu hoone elutsükli vältel. AECO sektor on aga endiselt üks vähem digitaliseeritumaid võrreldes teiste tööstussektoritega, hoolimata kasvavast survest oskustööjõu puuduse, rahvusvahelise konkurentsivõime ja Euroopa Liidu kliimaeesmärkide tõttu (*ECSO 2021*).
Euroopa ehitussektori vaatluskeskuse andmetel teeb Euroopa ehitustööstus edusamme digitehnoloogiate kasutuselevõtul, kuid riikide ja ehitusprotsessi eri etappide vahel on

märkimisväärseid erinevusi. Mõned tehnoloogiad, näiteks andurid ja 3D-skaneerimine, on edasijõudnumad, samas kui teised – näiteks asjade internet, tehisintellekt või digikaksikud – on alles tekkimas või piirduvad pilootprojektidega. Muude paljulubavate tehnoloogiate hulka kuuluvad 3D-printimine, robootika, protsesside automatiseerimine ja hooneteabe modelleerimine (BIM), mida rakendatakse laialdaselt eriti projekteerimisfaasis. (*ECSO 2021*).
Rahvusvahelise kirjanduse süstemaatiline ülevaade tuvastas kümme suure potentsiaaliga tekkivat tehnoloogiat ehitussektori jaoks: BIM, tehisintellekt, asjade internet, plokiahel, suurandmed, virtuaal- ja liitreaalsus, pilvandmetöötlus, RFID, 3D-printimine ja digikaksikud. (*Dou et al. 2023*) Nende hulgas on BIM enim uuritud ja laialdasemalt uuritav tehnoloogia tänu oma võimele integreerida multidistsiplinaarset teavet ja toetada kõiki hoone elutsükli etappe. Tehisintellekt ja liitreaalsus on samuti üha enam tähelepanu saavad, eriti koos BIM-iga koostööl põhineva projekteerimise, ennustava hoolduse ja riskianalüüsi jaoks.
Täiendava analüüsivaldkonna pakuvad uuringud metaversumi ja selle potentsiaali kohta ehitussektoris. Kuigi metaversum on veel vähetuntud ja harva kasutatav, peetakse seda immersiivsete tehnoloogiate evolutsiooniks, mis on võimeline pakkuma kolmemõõtmelisi koostöökogemusi projekteerimisetapis, kinnisvaraturunduses, ehitusplatsi haldamisel ja koolituskontekstis. Sidusrühmade seas on aga endiselt suur ebakindlus seoses kulude, koostalitlusvõime, andmekaitse ja ühiste standardite puudumisega (*Claßen et al. 2024*).
Üldiselt seisab AECO sektor teelahkmel: ühelt poolt pakuvad digitehnoloogiad enneolematut võimalust tootlikkuse suurendamiseks ja ehituskvaliteedi parandamiseks, teiselt poolt on endiselt märkimisväärne lõhe olemasolevate tehnoloogiate ja ettevõtete (eriti VKE-de) võime vahel neid tõhusalt kasutusele võtta. Euroopa avalikul poliitikal – näiteks rohelisel kokkuleppel, programmil „Euroopa horisont“ ja BIM-i kohustuslikul kasutamisel riigihangetes – on selle protsessi edendamisel võtmeroll. Sama oluline on vajadus parandada sektori spetsialistide ja kutsehariduse koolitajate, kes on eduka ja kaasava digiülemineku kesksed võimaldajad, digipädevust.

2.2. Koolitajate roll digiüleminekul.

Kutsehariduse ja -koolituse õpetajad ning koolitajad on ehitussektori digiülemineku edukuse võtmeelement. Nende roll ulatub kaugemale tehnilise sisu edastamisest, laienedes võimele integreerida digitehnoloogiaid tõhusalt haridusteedesse, koolitades välja töötajaid, kes on kursis ja tulevad toime digitaalse tranformatsiooniga seotud väljakutsetega.
Rahvusvaheline kirjandus toob esile, kuidas üldhariduses traditsiooniliselt kasutatavad digitaalsed raamistikud – näiteks TPACK, DigCompEdu ja professionaalse digipädevuse raamistik – osutuvad sageli kutseõppe eripärasid silmas pidades ebapiisavateks (*Lahn et al. 2023*). Uuemad uuringud pakuvad välja kontekstuaalsema lähenemisviisi, mis võtab arvesse kooliõppe ja töö vahelist seost, kohanemist vastava kutsesektori iseärasustega ja transformatiivse pedagoogika kasutuselevõtmist. See toob kaasa vajaduse töötada välja kutseõppe koolitajatele paremini sobivad digipädevuse mudelid, mis suudaksid hõlmata selliseid elemente nagu kooli ja töö ühenduvus, ainespetsiifiline sisu, adaptiivne pedagoogika ja digitaalne enesetõhusus.
Empiirilised uuringud näitavad ka, et koolitajate digipädevus mõjutab otseselt seda, kui tõhusalt õpilased tehnoloogiaid kasutavad. Võttes näiteks praktikandid, mängib nende praktikajuhendajate

osutatud tugi eriti suur rolli selles, kas ja kuidas nad kasutavad ja võtavad omaks digitööriistu nagu näiteks märkmete tegemise rakendused ja videokonverentsisüsteemid (*Wurges 2024*). Õpetajate ja juhendajate toetuse tajumine mitte ainult ei suurenda nende tööriistade kasutamist, vaid parandab ka nende tajutavat tõhusust, aidates kaasa kindlama ja osaluspõhisema digitaalse õpikeskkonna arengule.

Zhong ja Juwaheer (*2024*) on välja pakkunud laiema institutsionaalse lähenemisviisi, luues süsteemse ja kompetentsipõhise mudeli digipädevuse arendamiseks TVET-süsteemides. See mudel, mida kirjeldatakse kui „kogu institutsiooni hõlmavat lähenemisviisi“, edendab juhtide, õpetajate ja õpilaste koordineeritud osalust ning tõstab esile institutsiooni digistrateegiate vastavusse viimise olulisust koolitajate koolitamise ja tööturu muutuvate vajadustega. Selle paradigma omaksvõtmine on oluline samm jätkusuutliku, kaasava ja tööhõivele orienteeritud digitaalse ülemineku tagamisel.

2.3. Euroopa tugiraamistikud (DigComp, DigCompEdu, ECSO).

Viimastel aastatel on Euroopa Liit välja töötanud rea tugiraamistikke koolitajate digipädevuste määratlemiseks ja edendamiseks, pöörates erilist tähelepanu kutsehariduse ja -koolituse (VET) kontekstidele. Neist tuntuim on DigCompEdu, Euroopa Teadusuuringute Ühiskeskuse välja töötatud Euroopa haridustöötajate digipädevuse raamistik.

Selle töövahendi eesmärk on pakkuda ühist alust koolitajate digipädevuste hindamiseks ja arendamiseks, pakkudes ühtset keelt ja struktuuri kuues peamises valdkonnas: professionaalne kaasatus, digitaalsete ressursside kasutamine, õpetamis- ja õppimistavad, hindamine, õppijate võimestamine ja õppijate digipädevuse edendamine.

DigCompEdu'd iseloomustab pedagoogiline ja refleksiivne lähenemine: see läheb kaugemale tööriistade tehnilisest kasutamisest ja püüab integreerida digitehnoloogiaid haridusprotsessi kõikidesse etappidesse, alates planeerimisest kuni õpilaste kaasamise ja hindamiseni. Raamistikus tuvastatud 22 pädevust kirjeldatakse kuuel pädevustasemel ning mudel on juba mitmes Euroopa riigis õpetajate ja koolitajate jätkuva kutsealase arengu kontekstis omaks võetud otsesel või kohandatud kujul.

Seda raamistikku täiendavad kutsehariduse kontekstile kohandatud laiendused ja refleksioonid. Näiteks pakkus Euroopa projekt TaccleAI välja DigCompEdu kriitilise ülevaate, keskendudes muutustele, mida on kaasa toonud töömaailma digitaliseerimine ja tehisintellekti kasutuselevõtt. Tulemused rõhutavad kutsehariduse koolitajatele suunatud koolitussisu ajakohastamise pakilisust, tutvustades adaptiivse hindamisega seotud pädevusi, intelligentsete õpetamissüsteemide kasutamist ja õpilaste ettevalmistamist automatiseeritud ja digitaalselt keerukates keskkondades töötamiseks (TaccleAI). Koolitajatel peab olema hea ülevaade tehisintellekti tööriistade toimemehhanismidest ja oskus juhendada õpilasi selliste valdkondadeüleste pädevuste arendamisel nagu kriitiline mõtlemine, digitaalne koostöö ja tehnoloogiate eetiline kasutamine.

Teine panus tuleb projektist „E-hindamine kutsehariduses“, mis uurib digitehnoloogiate kasutamist kutsepädevuste hindamisel. Aruandes tuuakse esile, kuidas digitehnoloogiad saavad simulatsioonide, e-portfooliote, mikrokvalifikatsioonide ja automatiseeritud tagasiside kaudu parandada hindamisprotsesside tõhusust ja läbipaistvust, soodustades personaalset õppimist ja õpilaste eneserefleksiivsust (Attwell et al. 2023).

Nende tööriistade täielik kasutuselevõtt eeldab aga koolitajate koolitamist integreeritud professionaalse õppe läbi, mis ühendab tehnilised pädevused pedagoogilise refleksiooniga.
Kokkuvõttes on Euroopa raamistikud ja uusimad uurimisprojektid ühel meelel selle osas, et kutseõppe koolitajate digipädevust tuleb pidada kutseõppe sektori digitaalse ülemineku edukuse strateegiliseks võtmeteguriks. See pädevus ulatub kaugemale digitaalsete tööriistade valdamisest ja hõlmab võimet kujundada kaasavaid ja paindlikke õpikeskkondi, mis on kooskõlas tööturu muutuvate vajadustega.

2.4. Kaalutlused kutseõppe kontekstiga seonduvalt.

Kutseõppe ja -koolituse kontekst on Euroopa digipädevuste arendamise strateegiate keskmes. Tootmiskeskkondade kasvav keerukus, tehnoloogilise innovatsiooni kiirenemine ja tööturu digitaalne transformatsioon nõuavad nii õpetamismudelite kui ka koolitajatelt ja õpilastelt nõutavate pädevuste läbivaatamist. Selles stsenaariumis on *Digital.VET* projekt asjakohane näide integreeritud lähenemisviisist innovatsioonile kutsehariduses. Projekt rõhutas vajadust arendada kutsehariduskoolitajate pädevusi mitte ainult digitehnoloogiate kasutamisel, vaid ka kujundamaks kaasavaid, immersiivseid ja paindlikke õpikeskkondi. Tegevused hõlmasid kaasava õpetamise pädevusprofiilide väljatöötamist, koolitajatele e-õppe kursuse loomist ning interaktiivse platvormi rakendamist haridusliku sisu loomiseks ja jagamiseks liit- ja virtuaalreaalsuses. Eriti oluline roll oli *iDid* rakenduse kasutamisel, mis on loodud selleks, et muuta kaasava sisu loomine võimalikuks isegi piiratud tehniliste oskustega koolitajatele. Projekt näitas, et tõhususe tagamiseks peavad digitehnoloogiate kasutuselevõttu toetama selge koolitusstrateegia, intuitiivsed tööriistad ja ühine visioon käimasolevast ümberkujundamisest (*Maltese et al. 2022*).
Samal ajal pakub Zhongi ja Juwaheeri (*Zhong et al. 2024*) artikkel välja süsteemse ja pädevuspõhise lähenemisviisi digioskuste arendamiseks kutsehariduse kontekstis. See lähenemisviis, mis kujutab endast institutsiooniülest mudelit ja on inspireeritud pädevuspõhise hariduse (CBE) paradigmast, rõhutab juhtide, koolitajate ja õpilaste koordineeritud kaasamise olulisust defineerimaks digitaliseerimisstrateegiaid. Autorid juhivad tähelepanu sellele, et kutseõppeasutuste tõhus digitaalne transformatsioon ei saa toimuda ilma visionäärse juhtimise, hästi ettevalmistatud õpetajate ja teadlike õpilasteta, kellel kõigil on oma rolliga kooskõlas olev digipädevus. Soovitatud lähenemisviis võimaldab struktureeritud reageerimist digitaalsele üleminekule, edendades sidusrühmadevahelist suhtlust ja edendades hariduslike eesmärkide, õpetamispraktikate ja tööturu vajaduste vahelist sidusust.
Üldiselt näitavad olemasolevad tõendid, et kutseõppesüsteemide digitaliseerimise tõhusaks muutmiseks on vaja minna kaugemale pelgalt tehnoloogiliste vahendite kasutuselevõtust. Oluline on edendada uuendatud pedagoogilist visiooni, mis keskendub aktiivõppele, sisu ühisele kujundamisele, vastastikusele suhtlusele ja tehnoloogiate kasutamisele autentseks ja individuaalseks hindamiseks. Samal ajal on strateegiliselt oluline investeerida koolitajate pidevasse ametialasesse arengusse ja professionaalsete kogukondade loomisesse, mille siseselt oleksid jagatud tavad, ressursid ja tööriistad toetamaks kaasavat, tõhusat ja jätkusuutlikku digiüleminekut.

3. Metodoloogia.

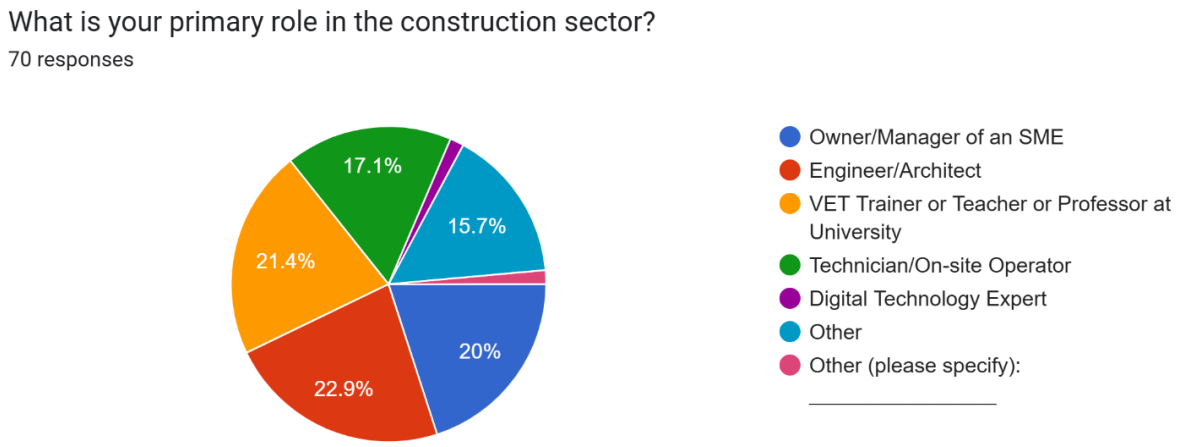
See peatükk kirjeldab WP2-s ette nähtud tegevuste elluviimiseks kasutatavat metoodikat. Metodoloogia väljatöötamisel oli eesmärgiks tagada laiaulatuslik, võrreldav ja representatiivne andmete kogumine, kombineerides kvantitatiivseid ja kvalitatiivseid analüüsivahendeid.
Lähenemisviis integreeris nelja peamist komponenti: Euroopa ja teaduskirjanduse struktureeritud ülevaadet, kahe ehitussektori spetsialistidele ja kutseõppe koolitajatele suunatud veebiküsimustiku haldamist, 14 fookusgrupi (kaks igas partnerriigis) korraldamist ning asjassepuutuvate sidusrühmade kaasamist tulemuste valideerimiseks ja tõlgendamise rikastamiseks.
Nende tööriistade integreerimine võimaldas põhjalikult uurida nii tehnoloogilist kui ka hariduslikku mõõdet, pakkudes realistlikku ja mitmetasandilist vaadet Euroopa kontekstile, millesse ET4Digital projekt asetub.

3.1. Andmete kogumise vahendid: uuringud ja fookusgrupid.

WP2 analüütiliste eesmärkide saavutamiseks kasutati kahte peamist andmekogumise vahendit: veebiküsitlused ja kvalitatiivsed fookusgrupid. Need tööriistad olid loodud üksteist täiendavatena, eesmärgiga saada ühelt poolt struktureeritud ja võrreldavaid andmeid eri partnerriikides ning teiselt poolt kvalitatiivseid teadmisi, mis suudaksid tabada konteksti keerukust ja kaasatud sidusrühmade otsest häält.
Esimene küsimustik, mis oli suunatud ehitussektori spetsialistidele ja tehnikutele, kogus teavet digitehnoloogiate leviku ja kasutamise, tajutavate takistuste, saadud eeliste, kasutuselevõtu taseme ja tulevikku vaatavalt prioriteetseks peetavate tehnoloogiate kohta. Küsimused hõlmasid nelja peamist valdkonda: mõõdistus- ja seirevahendid, projekteerimis- ja simulatsioonitarkvara, ehitusplatsi haldusvahendid ning uuenduslikud ja valdkondadevahelised tehnoloogiad. Küsimustik viidi läbi veebis ja seda täitsid inimesed igast seitsmest partnerriigist, kokku 70 inimest.
Teine küsimustik oli suunatud kutsehariduse ja -koolituse (VET) koolitajatele, õpetajatele ja juhtidele. Eesmärgiks oli uurida digipädevuse tajutavat taset, varasemaid koolituskogemusi, koolitusvajadusi ja raskusi, millega puututakse kokku tehnoloogiate integreerimisel õpetamispraktikasse. Küsimustik kogus 76 täielikku vastust ja võimaldas koostada esialgse kaardistuse digipädevustest, mida peetakse tehnilise ja kutsehariduse kontekstis oluliseks.
Paralleelselt küsimustike haldamisega korraldas iga riiklik partner kaks fookusgruppi: ühe ehitussektori ekspertidega (fookusgrupp 1) ja teise kutseõppe koolitajatega (fookusgrupp 2). Fookusgrupid viidi läbi ühise ja ühtlustatud Euroopa juhendi põhjal, mis hõlmas ühiseid makroteemasid (kogemused, takistused, võimalused, soovitused), võimaldades samal ajal riiklikku kohandamist. Kokku toimus 14 fookusgruppi, milles osales üle 40 erineva taustaga spetsialisti ja koolitaja (VKE-d, koolituskeskused, ülikoolid, ametiühingud, avalik-õiguslikud asutused).
Kahe uuringu ja fookusgruppide kombineeritud tulemused võimaldas integreerida kvantitatiivseid ja kvalitatiivseid andmeid, pakkudes mitmetasandilist arusaama Euroopa olukorrast ja valideerides kogutud tõendeid osalusmeetodite abil.

3.2. Valimi omadused.

WP2 raames analüüsitud valim hõlmab nii ehitussektoris tegutsevaid spetsialiste kui ka kutseõppe (VET) koolitajaid, tagades seega ET4Digital projekti tegevuste sihtrühmade laia ja järjepideva esindatuse.
Esimene küsimustik, mis oli suunatud AECO sektori tehnikutele, disaineritele, konsultantidele ja spetsialistidele, kogus kõigist partnerriikidest kokku 70 kehtivat vastust. Seejuures töötavad osalejad erineva suurusega organisatsioonides – mikroettevõtetest suurettevõteteni – ja neil on lai valik ametialaseid rolle: arhitektid, ehitusinsenerid, BIM-juhid, projektijuhid, teadlased ja keskkonnakonsultandid. Vastused annavad süvitsimineva ülevaate sektoris juba kasutusel olevatest tehnoloogiatest, peamistest takistustest nende kasutuselevõtul ja tulevastest innovatsioonisuundadest. Kõige tuntumate või laialdasemalt kasutatavate tehnoloogiate hulka kuuluvad mõõdistusvahendid (GPS, laserskannerid, fotogrammeetria), projekteerimis- ja simulatsioonitarkvara (AutoCAD, Revit, EnergyPlus) ning uued tehnoloogiad, nagu digitaalne kaksik, asjade internet, tehisintellekt ja 3D-printimine. Peamised välja toodud takistused on seotud rakenduskulude, ettevõttesiseste digioskuste puudumise, vastupanuga muutustele ja praeguse koolituspakkumise ebapiisavusega.



Teine küsimustik, mis oli suunatud kutseõppeasutuste koolitajatele, kogus 76 kehtivat vastust, ületades sellega esialgseid ootusi. Osalejate hulgas olid kutseõppe õpetajad, tehnikakoolide õppejõud, ülikooliprofessorid, ettevõtete koolitajad ja konsultandid, kusjuures enamikel neist on üle kuue aasta kogemust ehitusalases koolitamises. Vastajad väljendasid kasvavat huvi digitaalsete tööriistade kasutuselevõtu vastu oma õpetamispraktikas.
Küll aga näitavad andmed lõhet asjakohasteks peetavate ja tegelikult kasutatavate tehnoloogiate vahel. BIM on laialdaselt tuntud, kuid vähesed kasutavad seda oma kursuste raames regulaarselt. Digitaalne kaksik on endiselt vähetuntud ja võõraks jäänud vahend ning virtuaalse ja liitreaalsuse kasutamine on jäänud seni pelgalt eksperimentaalseks. Osalejad rõhutasid ajakohaste õppevahendite puudumist, tehnoloogiate integreerimise raskusi olemasolevatesse õppekavadesse ning vajadust sihipäraste ja kättesaadavate programmide järele, mis aitaksid oma digioskuseid täiendada.

Andmekogumise täiendamiseks viis iga projektipartner läbi kaks fookusgruppi: ühe ehitussektori ekspertidega ja teise kutseõppe koolitajatega. Kokku toimus 14 kohtumist, kus osales üle 40 inimest. Grupikohtumised viidi läbi ühise juhendi järgi, tagamaks metodoloogilise järjepidevuse ja võrreldavuse riikide vahel. Osalejad valiti nii, et nad esindaksid erinevaid kogemusi ja vaatenurki. Nad tulid VKE-dest, koolituskeskustest, ülikoolidest, kutseliitudest, avalik-õiguslikest asutustest ja institutsionaalsetest sidusrühmadest. Fookusgrupid võimaldasid küsimustiku tulemusi valideerida, uurida erinevate riikide tegevuskonteksti ja koguda konkreetseid ettepanekuid neilt, kes kogevad igapäevaselt digitaalse ülemineku väljakutseid ehitussektoris.
Kvantitatiivsete ja kvalitatiivsete meetodite integreerimine ning valimi esinduslikkus võimaldas luua tugeva ja representatiivse teadmistebaasi, mis on kasulik järgmiste tööpakettide projektitegevuste asjakohaseks suunamiseks.

3.3. Analüütiline lähenemisviis.

WP2-s kogutud andmete analüüs põhines segameetodil, mis ühendas kvantitatiivseid ja kvalitatiivseid vahendeid, et uurida põhjalikult ja ammendavalt uuritavaid tehnoloogilisi ja hariduslikke dimensioone. Kahte veebiküsimustikku analüüsiti põhiliste kirjeldava statistika tehnikate abil, pöörates erilist tähelepanu vastuste jaotusele, vastusevariantide absoluutsele ja suhtelisele sagedusele ning peamisete trendide kindlakstegemisele. Andmete kokkuvõtlikul ja arusaadaval viisil esitamiseks loodi sagedustabelid ja graafikud.
Esimeses küsimustikus, mis oli suunatud ehitussektori spetsialistidele, keskenduti analüüsis järgmistele aspektidele:
• kasutussagedus
• digitehnoloogiate tundmine
• peamised tajutavad takistused kasutuselevõtul
• kavandatud kasutusviisid
• tulevikukontekstis prioriteetideks peetavad tehnoloogiad.

Vastuseid analüüsiti teemade kaupa (mõõdistamine ja monitoorimine, projekteerimine, ehitusplatsi haldamine, uuenduslikud tehnoloogiad), mis võimaldas luua esialgse struktureeritud ülevaate praegusest tehnoloogilisest maastikust.

Teises, kutseõppe koolitajatele mõeldud küsimustikus pöörati tähelepanu järgmisele:
• õpetamisel tuntud või kasutatavad tehnoloogiad
• esinevad raskused
• takistuste tajumine
• digitaalsete vahendite ja metoodikate osas väljendatud eelistused

Valikvastustega küsimusi analüüsiti vastusevariantide sageduse alusel, samas kui avatud küsimusi analüüsiti esialgu temaatiliselt, et välja tuua korduvaid kvalitatiivseid elemente.

Igas partnerriigis läbi viidud fookusgruppe analüüsiti kvalitatiivse lähenemisviisi abil, mis põhines ühisel temaatilisel raamistikul, mis oli struktureeritud kuue valdkonna ümber: koolituskogemused, vajadused ja pädevuslüngad, praegu eksisteerivate koolituste tõhusus, õpetamismeetodid, kultuurilised ja tegevusalased takistused ning ettepanekud ET4Digitali jaoks. Andmed koondati ja neid võrreldi erinevate riiklike kontekstide lõikes, tuues esile nii ühised trendid kui ka kohalikud eripärad. Meetod järgis sisuanalüüsi loogikat, et toetada kvantitatiivsete andmete tõlgendamist.
Kuigi andmetöötlus oli selles etapis kirjeldava iseloomuga, võimaldaks kogutud teabe maht ja struktuur teoreetiliselt ka järelduslike hinnangute väljatöötamist järgnevates tööpakettides. Näiteks oleks võimalik lähemalt uurida alamrühmadevahelisi erinevusi (riigi, rolli, kogemuse taseme järgi), kontrollida muutujatevahelisi korrelatsioone või hinnata ennustavate muutujate põhjal konkreetsete tehnoloogiate kasutuselevõtu tõenäosust. Järeldusmeetodite kasutamine võiks seega olla väärtuslikuks edasiarenduseks – kas võrdlevaks või ennustavaks – WP2-s esitatud tõendite põhjal.

3.4. Metodoloogilised piirangud ja usaldusväärsus.

WP2-s kasutatud metoodika võimaldas luua põhjaliku ja ammendava raamistiku ehitussektori digitaalse ökosüsteemi analüüsimiseks ja koolitajate pädevuste kaardistamiseks. Primaarsete allikate (küsitlused ja fookusgrupid) ja sekundaarsete allikate (kirjanduse ülevaade ja Euroopa strateegilised dokumendid) kombineeritud kasutamine koos kõigi partnerriikide otsese kaasamisega tagas:

- hea geograafilise ulatuse
- mitmekesised professionaalsed profiilid
- tasakaalu kvantitatiivsete ja kvalitatiivsete lähenemisviiside vahel.

Nagu igas mitmekultuurilises kontekstis läbi viidud rakendusuuringu puhul, tuleks siiski välja tuua teatud metodoloogilisi piiranguid. Esiteks oli küsimustikes osalemine vabatahtlik ja mittetõenäosuslik, mis tähendab, et kogutud andmed ei ole statistiliselt representatiivsed kogu Euroopa ehitussektori ega kutseõppe ja -koolituse süsteemi suhtes. Kuigi kaasatud oli märkimisväärne arv vastajaid (üle 180 inimese kahe uuringu ja fookusgrupi peale), ei olnud võimalik tagada vastuste täiesti ühtlast jaotust riikide vahel ega ranget tasakaalu erinevate professionaalsete kategooriate vahel. Teiseks andsid fookusgrupid küll rikkaliku kvalitatiivse sisu, kuid nende koosseisu mõjutasid paratamatult osalejate kättesaadavus ja kohalikud eripärad. Mõned riigid suutsid kaasata kõrgetasemelisi institutsioonilisi ja akadeemilisi isikuid, teised aga keskendusid rohkem operatiivkoolitajatele või väikeettevõtetele. See heterogeensus, mis ei kahjusta kogutud tõendite kvaliteeti, nõuab üldistuste tegemisel ettevaatlikkust.
Samuti tuleb märkida, et kogutud andmeid ei analüüsitud järelduslikku statistilise analüüsi abil (nagu näiteks olulisuse testimine või ennustav modelleerimine), vaid neid töödeldi kirjeldavate lähenemisviiside abil. Selle valiku ajendiks oli WP2 uurimuslik olemus ja kavatsus seada esikohale selgus, kiire rakendatavus ja tulemuste ülekantavus järgmistesse projektifaasidesse. Sellest hoolimata sai loodud andmestikku tänu oma koherentsele struktuurile ja muutujate ammendavusele kasutada WP3-s või WP4-s edasiste analüüside või sünteetiliste näitajate väljatöötamiseks.

Läbi viidud uuringut iseloomustas metodoloogiline läbipaistvus, fookus andmete usaldusväärsusel ning eesmärkide ja tööriistade vaheline järjepidevus. Fookusgruppide läbiviimise ühise juhendi põhjal, partneritevaheline ristvalideerimisprotsess ja kogutud tõendite süstematiseerimine. Eelnimetatud omadused on WP2 tugevused, mis tugevdavad saadud tulemuste usaldusväärsust ja nende kasulikkust konkreetsete lahenduste väljatöötamisel järgnevates tööpakettides.

4. Valimi ja küsitluste vastuste analüüs.

Käesolevas peatükis esitatakse WP2 käigus läbiviidud kahe veebiküsimustiku analüüsi peamised tulemused. Esimene uuring oli suunatud ehitussektori (AECO) spetsialistidele ja selle eesmärk oli koguda teavet digitehnoloogiate leviku, tajutavate eeliste, kasutuselevõtu takistuste ja tulevaste prioriteetide kohta.
Teine uuring hõlmas kutsehariduse ja -koolituse (VET) koolitajaid, õpetajaid ja ettevõtjaid eesmärgiga uurida nende digipädevuse taset, tehnoloogiate kasutamist õpetamisel, esinevaid raskusi ja ootusi koolitusvõimaluste digitaalsele transformatsioonile.
Selles peatükis esitatud analüüsid on kirjeldavad ja pakuvad võrdlevat ülevaadet kahest kaasatud sihtrühmast.
Andmed on jaotatud teemade kaupa ja neid täiendavad siin-seal kvalitatiivsed väljavõtted avatud küsimustega küsimustiku vastustest ja fookusgruppidest. Eesmärk on luua sidus ja tegudele ajendav ülevaade, mis toob esile tugevused, kriitilised probleemid ja võimalused digipädevuste arendamiseks kahes analüüsitud kontekstis.

4.1. Osalejate professionaalsed profiilid.

WP2 raames läbi viidud kahes küsimustikus osales kokku 143 osalejat, kes jagunesid ehitussektori spetsialistideks (70 osalejat) ja kutsehariduse ja -koolituse (VET) koolitajateks (76 osalejat). Professionaalsetel rollidel põhinev vastuste analüüs näitas rikkalikku ja mitmekesist pilti, mis on kooskõlas ET4Digital projekti kaasava lähenemisviisiga.
Esimeses küsimustikus, mis oli suunatud ehitussektori spetsialistidele, tuvastati viis peamist kategooriat: insenerid ja arhitektid (16 osalejat), ülikooli õppejõud või VET koolitajad (15), VKE-de omanikud või juhid (14), objektitehnikud või kohapealsed operaatorid (12) ja osalejad, kes valisid oma rolliks „Muu“ (11). Lisaks vastasid individuaalselt digitehnoloogia ekspert (1) ja üks osaleja, kes valis „Muu (palun täpsustage)“ (1), täpsustades rollidena näiteks projektikonsultandi ja tarkvaraspetsialisti rolli.
Teises uuringus, mis oli suunatud kutseõppesüsteemi koolitajatele ja õpetajatele, oli enim esindatud kategooria kutseõppe koolitajad (22 vastust), millele järgnesid ärikonsultandid või ettevõtete koolitajad (16), ülikooli õppejõud (11), tehnikakoolide õpetajad (9) ja „Muu“ (18) – viimane võib viidata mõnele eeltoodud kategooriale, mis polnud vastaja jaoks piisavalt täpsustatud.

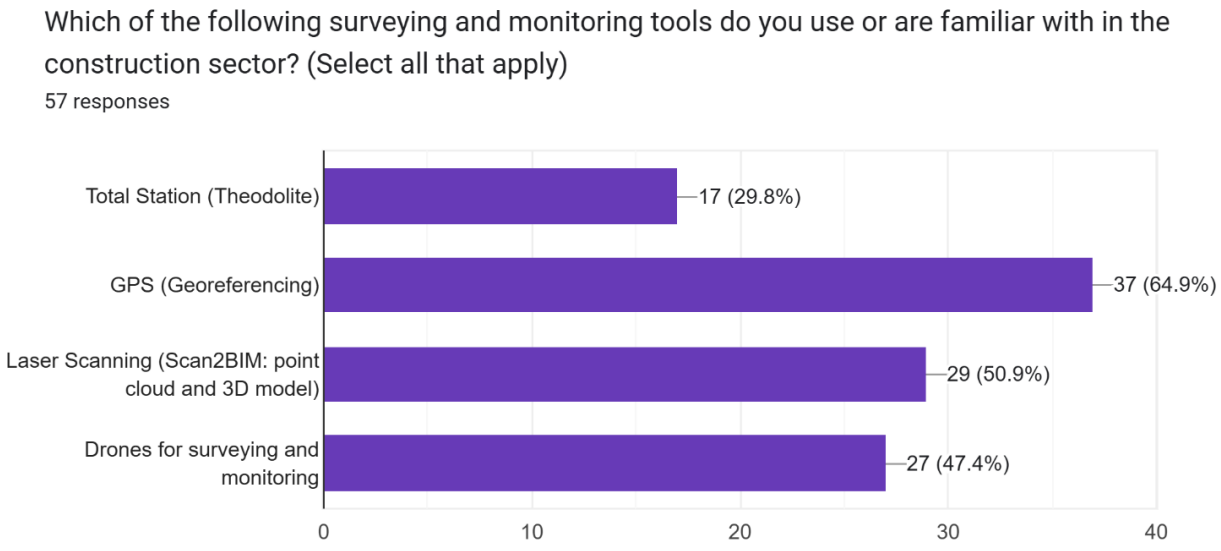
Taas hõlmasid rollid märkimisväärselt laiaulatuslikku valikut ametialastest profiilidest, sealhulgas nii akadeemilises keskkonnas tegutsevaid isikuid kui ka neid, kes tegutsevad praktilisemas või ärilises kontekstis.

Kokkuvõttes esindavad kahes uuringus osalejad tasakaalustatult ehitussektori võtmeisikud digitaalse transformatsiooni ja tehnilise koolitamise seisukohalt. Rollide mitmekesisus võimaldas koguda üksteist täiendavaid vaatenurki, mis on olulised mõistmaks vajadusi erinevates Euroopa kontekstides, ning see on WP2 raames välja töötatud analüüsi peamine tugevus.
ET4Digital projekti raames korraldatud fookusgrupid kaasasid üle 40 ehituse ja kutseõppe ökosüsteemis tegutseva spetsialisti, kellel on erinevad taustad, rollid ja erialad. Osalejad valiti hoolikalt riiklike partnerite poolt, et tagada ehitussektori digitaalse ümberkujundamisega seotud erinevate vaatenurkade ja pädevuste sisukas esindatus.
Rühmadesse kuulusid kutseõppeasutused, tehnika- ja kutsekoolide õpetajad, ülikooliprofessorid ja teadlased, konsultandid, ehitusinsenerid, objektijuhid, digitaalse innovatsiooni eksperdid ning VKE-de, koolituskeskuste ja tehnoloogiapakkujate esindajad.
Paljud neist töötavad kõrgematel või strateegilistel ametikohtadel, olles näiteks tehnikadirektorid, osakonnajuhatajad või projektikoordinaatorid, ning on otseselt seotud digitaalsete tööriistade ja protsesside rakendamise või edendamisega nii haridus- kui ka kutsekeskkonnas.
See mitme sidusrühmaga konfiguratsioon võimaldas põhjalikku ja valdkondadevahelist arutelu, integreerides operatiivseid, strateegilisi, pedagoogilisi ja tehnoloogilisi seisukohti. Nii koolitajate kui ka valdkonna praktikute kohalolek tagas, et fookusgrupi tulemused kajastasid mitte ainult praeguseid koolituspraktikaid ja pedagoogilisi lünki, vaid ka ehitusettevõtete – eriti VKE-de – tegelikke vajadusi, piiranguid ja võimalusi digitehnoloogiate kasutuselevõtul. Osalejate asjatundlikkus hõlmas laia valikut digitaalseid tööriistu ja kontseptsioone, sealhulgas hooneteabe modelleerimist (BIM), asjade internetti (IoT), tehisintellekti (AI), digitaalse kaksiku rakendusi, AR/VR-tehnoloogiaid ja energia modelleerimist.
Nende aktiivne panus aitas tuvastada ühiseid takistusi (nt digioskuste puudumine, vastupanu muutustele, piiratud ressursid) ja ka soodustavaid tegureid (nt pidev tootmisprotsess, pidev professionaalne enesetäiendamine, juurdepääs vahendite demonstraatoritele, institutsionaalsed stiimulid) digitaalsete vahendite omaksvõtmiseks ehitussektoris.
Lõpuks aitasid osalejate mitmekesised riiklikud ja institutsionaalsed kuuluvused esile tuua kontekstuaalseid erinevusi, rõhutades samal ajal ühiseid väljakutseid kogu Euroopas.
Nende arusaamad andsid väärtusliku panuse *digitaalsete tehnoloogiate raamistiku* ja *koolitajate oskuste kaardistuse* loomiseks WP2-s ning aitavad kaasa ka WP4 suutlikkuse suurendamise programmi kujundamisele.

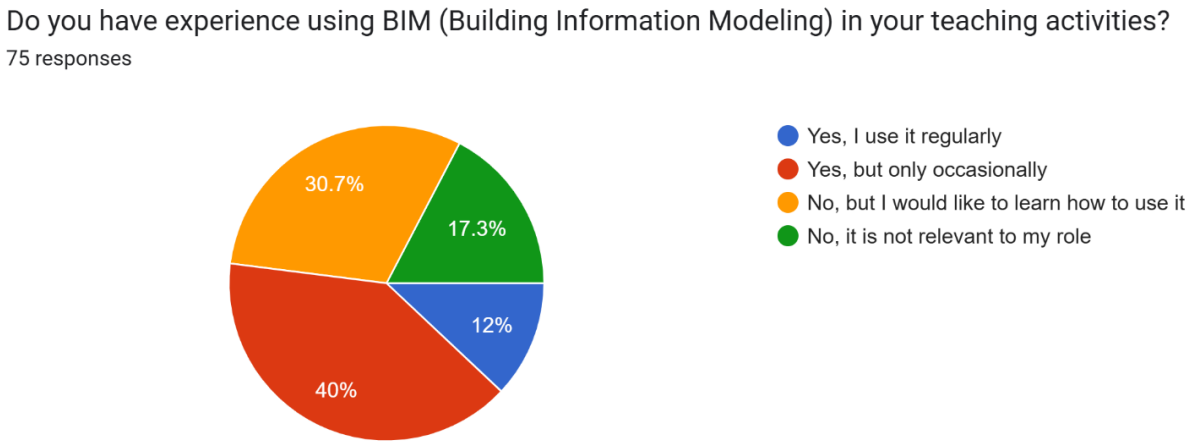
4.2. Digitehnoloogiate tundmise erinevad tasemed.

Kahe küsimustiku abil kogutud andmed näitavad üldiselt head tuttavust põhiliste digitaaltehnoloogiatega, kuid toovad esile ka olulisi erinevusi ehitussektori spetsialistide ja kutsehariduse koolitajate vahel.
Tehnoloogiate tundmine, nende kasutamise sagedus ja huvi uute tööriistade vastu varieeruvad sõltuvalt tegevuskontekstist ja täidetavast rollist.
Esimeses küsimustikus, mis oli suunatud tehnikutele, disaineritele ja teistele AECO sektori spetsialistidele, ilmnevad head teadmised mõõdistus- ja seirevahenditest. Kõige tuttavamate

tehnoloogiate hulka kuuluvad GPS (37 vastust), 3D-laserskaneerimine ja punktipilved (29 vastust), jälgimisdroonid (27) ja tahhümeetrid (17).



Need andmed kinnitavad, et mõõdistamise, projekteerimise ja objektikontrolli etappidega otseselt seotud tehnoloogiad on juba osaliselt integreeritud tegevuspraktikasse. Keerukamate tööriistade, näiteks digitaalsete kaksikute, tehisintellekti või ennustustehnoloogiate kasutuselevõtt on aga endiselt väga piiratud, nagu selgus ka fookusgruppides.
Teises koolitajatele suunatud küsimustikus küsiti osalejatelt, kas neil on kogemusi BIM-i (hooneteabe modelleerimine) kasutamisega oma õppetegevuses.
Tulemused näitavad teatud lõhet BIM-i teoreetilise olulisuse ja selle tegeliku kasutamise vahel igapäevases koolituspraktikas. Ainult 9 vastajat teatasid BIM-i regulaarsest kasutamisest, samas kui 30 kasutavad seda vaid aeg-ajalt. Koguni 23 koolitajat väljendasid huvi selle kasutamise õppimise vastu, samas kui 13 pidasid seda oma rolli jaoks ebaoluliseks.



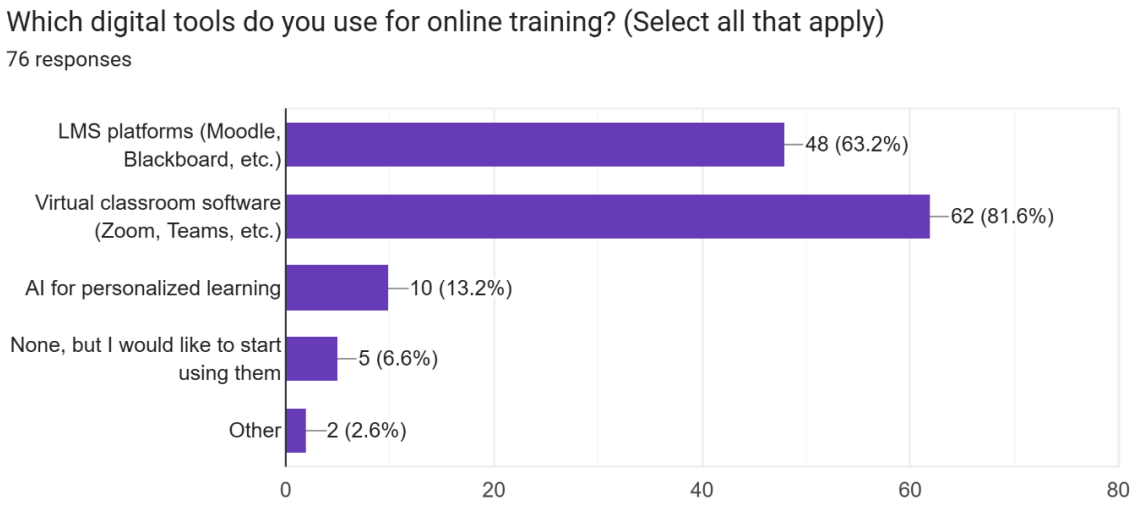
Kuigi osaliselt ootuspärane, rõhutab see leid vajadust tugevdada BIM-iga seotud digioskusi kutseharidussüsteemis, sealhulgas sihipäraste täienduskoolituste ja lihtsustatud õppevahendite kaudu.

Üldiselt näitavad andmed, et digitehnoloogiatega tuttavus on peamiselt seotud tööriistade funktsionaalse lähedusega täidetavale rollile. Tootmiskontekstides on valdavad mõõdistamise ja monitoorimisega seotud tööriistad, samas kui hariduses on teadmised keerukamatest digitehnoloogiatest endiselt killustatud.
Siin esile toodud professionaalse ja haridusliku konteksti vaheline lõhe on WP4 koolituse kavandamise etapis oluline aspekt.

4.3. Koolitajate tajutavad digipädevused.

Teise küsimustiku abil kogutud vastuste analüüs võimaldas visandada kutsehariduse ja -koolituse (VET) sektoris tegutsevate koolitajate digipädevuste esialgse profiili. Tulemused näitavad mitmekesist pilti, kus digitehnoloogiate kasutamises kogenud spetsialistid eksisteerivad samaaegselt koolitajatega, kes teatavad oma piiratud ettevalmistusest või raskustest tööriistade integreerimisel oma õpetamispraktikasse.
BIM-i, mis on üks ehitussektori digitaliseerimise peamisi tööriistu, puhul nendib vaid väike osa vastanutest, et kasutab seda oma kursustel regulaarselt. Enamikul on juhuslik kogemus või nad ei kasuta seda üldse, hoolimata selle olulisuse tunnistamisest ja soovist omandada vajalikud oskused. See leid viitab sellele, et BIM-i osakaal koolituses on endiselt piiratud ning et selles valdkonnas on varjatud nõudlus nii tehnilise kui ka pedagoogilise täiendõppe järele.
Sarnast olukorda võib täheldada ka digitaalsete kaksikute puhul. Paljud vastajad on sellest tehnoloogiast kuulnud, kuid väidavad, et nad ei mõista täielikult selle rakendusi ega hariduslikku potentsiaali. Vaid väga väike arv osalejaid teatab selle aktiivsest kasutamisest koolitamiskontekstis.

Lõhe teoreetiliste teadmiste ja tegeliku kasutamise vahel on esil ka immersiivsete tehnoloogiate, näiteks liit- ja virtuaalreaalsuse puhul. Mõned koolitajad on hakanud nendega katsetama, sageli pilootprojektides või õppekavavälistes tegevustes, kuid enamik väljendab pigem uudishimu ja huvi kui asjatundlikkust.
Mis puudutab asjade internetti (IoT), siis märkimisväärne osa koolitajatest teatab, et nad on tuttavad andurite kasutamisega ehitusplatside ohutuse ja toimivuse jälgimiseks. Kuid siiski on anduritelt saadud andmete hariduslik integreerimine killustatud, kusjuures seda takistavad tehnilised raskused, sobivate tööriistade puudumine ja igapäevases õpetamises rakendatavate näidete piiratud kättesaadavus.
Suurem on kursis olek selliste veebipõhiste koolitusvahenditega nagu videokonverentsiplatvormid või õpikeskkonnad (LMS), millest on saanud pandeemiajärgse hariduse oluline komponent. Sellest hoolimata teatavad koolitajad kutseõppe jaoks spetsiaalselt loodud funktsioonide puudumisest ning rõhutavad vajadust interaktiivsemate, intuitiivsemate ja kohandatavamate tööriistade järele.



Üldiselt näitab küsimustikust saadud pilt digipädevuse ebaühtlast taset: kuigi mõned koolitajad tunduvad olevat proaktiivsed ja tehnoloogiliselt hästi varustatud, väljendab märkimisväärne osa valimist tugevat vajadust koolituse, oskuste täiendamise ja toe järele. Nende pädevuste kaardistamine on oluline alus WP4-s ette nähtud koolitusprogrammi kavandamiseks.

4.4. Kompetentsustasemete lihtsustatud klassifikatsioon.

Teise küsimustiku tulemuste põhjal on võimalik koostada kaasatud kutseõppe koolitajate digipädevuse tasemete esialgne lihtsustatud klassifikatsioon. See klassifikatsioon ei ole ammendav ega ametlikult standardiseeritud, vaid pakub operatiivset raamistikku, mis on kasulik projekti- ja koolitusvalikute suunamiseks järgmistes tööpakettides.
Esimest taset võib kirjeldada kui „teoreetilist kokkupuudet“: see hõlmab koolitajaid, kes väidavad, et nad on teatud digitehnoloogiatega (näiteks BIM, IoT või digitaalne kaksik) tuttavad, kuid pole neid kunagi aktiivselt kasutanud. See rühm on suur ja hõlmab valimist märkimisväärset osa, eriti kui juttu

on uutest tehnoloogiatest või nendest, mida on keeruline traditsioonilistesse koolitusteedesse integreerida.
Teine tase, mida võib määratleda kui „juhuslikku või eksperimentaalset kasutamist“, hõlmab koolitajaid, kellel on olnud praktiline kogemus digitaalsete tööriistadega, sageli marginaalsetes või pilootprojektides. See kehtib näiteks nende kohta, kes kasutavad BIM-i vaid aeg-ajalt, on osalenud VR/AR komponente hõlmavates projektides või on katsetanud andureid demonstratsioonitegevustes. Need koolitajad näitavad üles huvi, kuid teatavad sageli raskustest tehnoloogiate struktuurilisel integreerimisel oma igapäevasesse õpetamisse.
Kolmas tase esindab vähemust ja seda võib kirjeldada kui „regulaarset ja tahtlikku kasutamist“. Sellesse rühma kuuluvad koolitajad, kes kasutavad digitaalseid tööriistu süstemaatiliselt kursuste kujundamisel, tundide läbiviimisel või laboripõhistes tegevustes. Need kujutavad endast kogenenud spetsialiste, kes on sageli kaasatud uuenduslikesse projektidesse või seotud väga kaasajastatud infrastruktuuriga koolituskeskustega. See rühm pakub olulist sissevaadet, mis on kasulik parimate praktikate potentsiaalse ülekandmise kontekstis.
Kuigi tegemist on empiirilise klassifikatsiooniga, pakuvad need kolm pädevustaset – teoreetiline, eksperimentaalne ja edasijõudnud tase – kasulikku esialgset arusaama tegelikest vajadustest vastavate oskuste täiendamisvõimaluste kujundamiseks. Tulevikus võiks selle tüpoloogia integreerida koolitajate digipädevuste dünaamilisse kaardistusse, mis oleks kooskõlas ka Euroopa raamistikega (näiteks DigCompEdu) ja mida saaks kasutada WP4 koolitussisu isikupärastamise alusena.

5. Digitehnoloogiate raamistik.

See peatükk koondab ja süstematiseerib uurimistulemusi, mis puudutavad ehitussektoris praegu kasutusele võetud, teadaolevaid või prioriteetseks peetavaid digitehnoloogiaid. Siin esitatud teave põhineb peamiselt AECO spetsialistidele suunatud esimese küsimustiku tulemustel ning riiklikel fookusgruppidel, mis aitasid andmeid valideerida ja rikastada operaatorite, tehnikute ja ettevõtjate kaasamise kaudu.
Peatüki eesmärk on anda süsteemne ülevaade kõige olulisematest tehnoloogiatest, rühmitades need funktsionaalsete valdkondade kaupa ning hinnates nende levikut, kasutamist, tajutavaid takistusi ja kasutuselevõtu väljavaateid. See raamistik on lähtepunktiks tulevaste projektitegevuste suunamiseks, eriti koolitusprogrammi (WP4) ja Euroopa digitaalsete pädevuste mudeli (WP3) määratlemisel ehitussektoris.

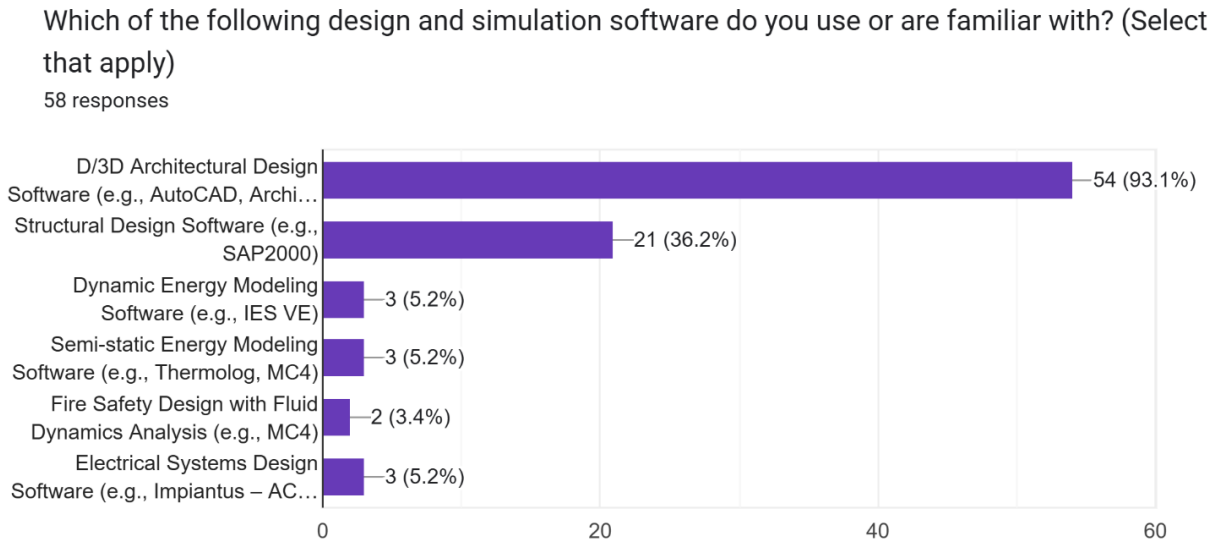
5.1. Uuringutes esile kerkinud tehnoloogiad ja nende kategorisatsioon.

Esimese küsimustiku vastuste analüüs võimaldas tuvastada laia valikut digitehnoloogiaid, mida ehitussektori spetsialistid praegu kasutavad, teavad või oluliseks peavad. Tulemuste jälgitavamaks muutmiseks on tehnoloogiad jaotatud viide funktsionaalsesse valdkonda:
• mõõdistus- ja seirevahendid
• projekteerimis- ja simulatsioonitarkvara
• ehitusplatsi haldusvahendid

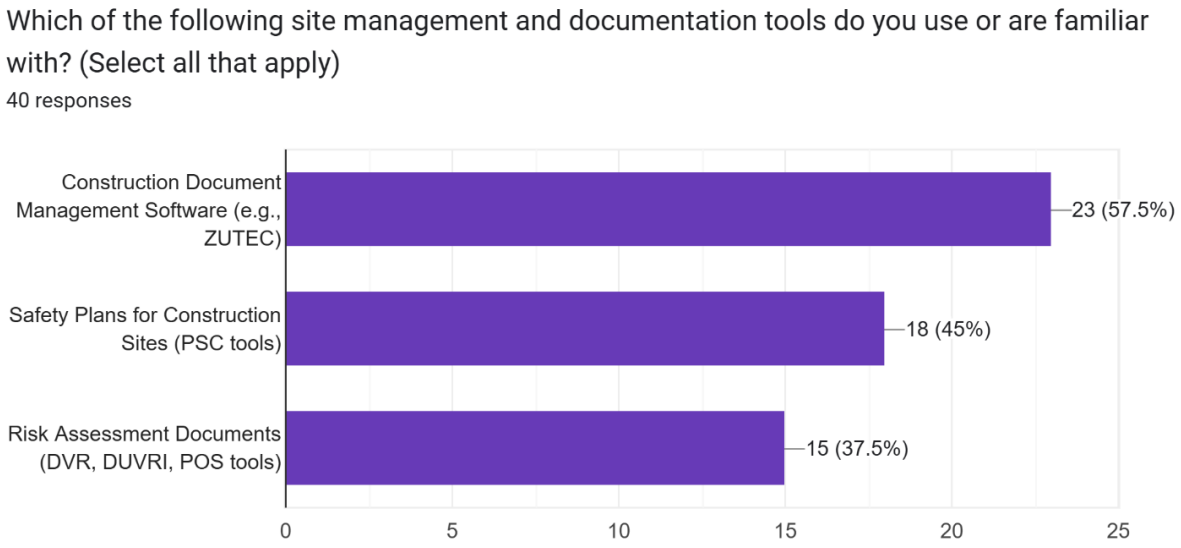
• uuenduslikud tehnoloogiad
• täiendavad tööriistad

Mõõdistus- ja seirevaldkonnas on enim mainitud tehnoloogiad GPS (37 vastust), laserskaneerimine (29) ja droonid (27), millele järgneb tahhümeeter (17). Need tööriistad on laialdaselt tuntud ja juba kasutusele võetud georefereerimiseks, 3D-mõõdistamiseks, progressi jälgimiseks ja digitaalseks dokumenteerimiseks.

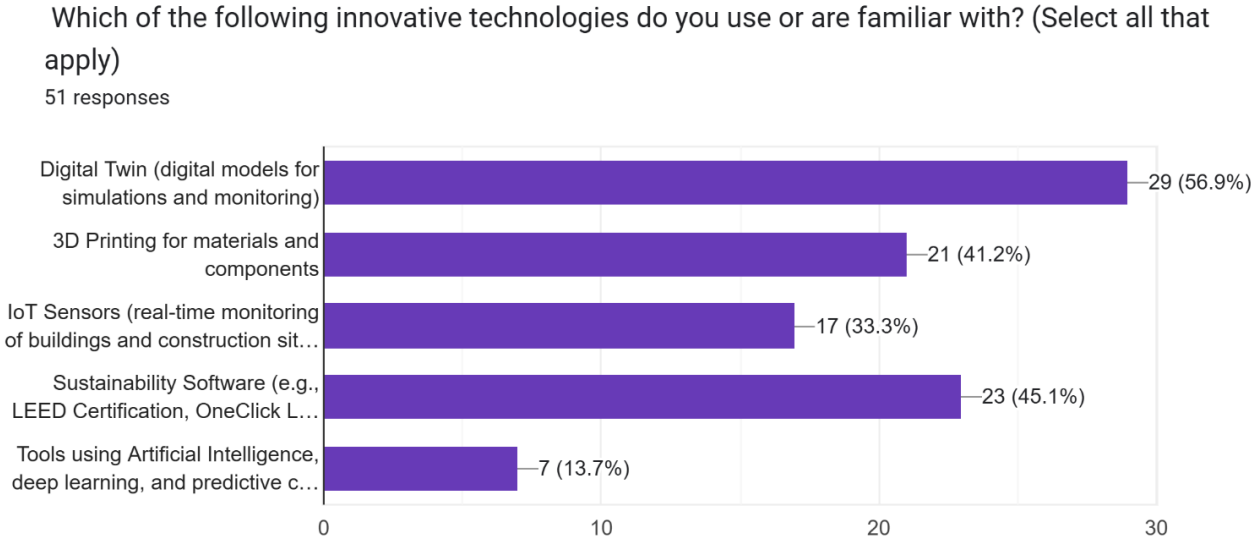
Projekteerimis- ja simulatsioonitarkvara osas on AutoCAD ja ArchiCAD ühed enimkasutatavad (mõlemaid mainiti 54 korral), millega sageli kaasneb konstruktsioonitarkvara, näiteks SAP2000 (21 vastust) või MC4. Vähemal määral nimetati ka energia modelleerimise tööriistu (näiteks Thermolog või IES VE) ning spetsiifilisi tuleohutusanalüüsi tööriistu.



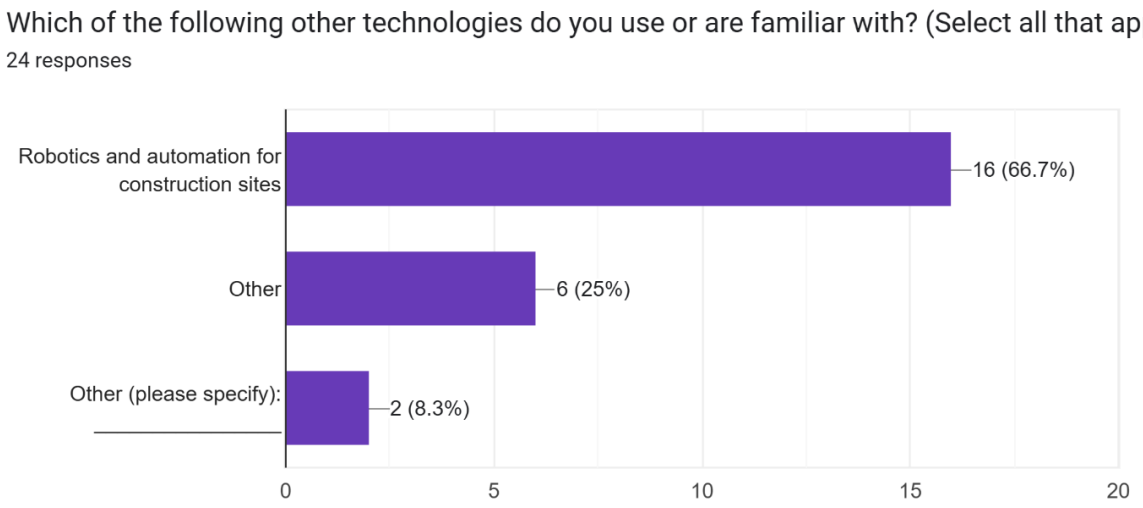
Objekti haldamise ja dokumentatsiooni valdkonnas tõid vastajad välja tehnilise dokumentatsiooni haldamise tarkvara (nt ZUTEC – 23 vastust), ohutusplaanide koostamise tööriistade (18) ja riskihindamise rakenduste (DVR, DUVRI, POS – igaüht mainiti umbes 15 korral) kasutamist. Neid lahendusi kasutavad peamiselt ohutustehnikud ja projektijuhid.



Innovaatiliste tehnoloogiate kategooria näitab varieeruvamat pilti, ent selle osas näitasid vastajad üles märkimisväärset tähelepanu ja huvi. Digitaalset kaksikut mainiti 29 korda, mis kinnitab selle tehnoloogia kasvavat teoreetilist tundmist, kuigi selle tegelik kasutamine on endiselt piiratud. Muude oluliste tööriistade hulka kuuluvad keskkonnasäästlikkuse ja LEED-sertifitseerimise tarkvara (23), materjalide ja komponentide 3D-printimine (21) ning IoT-andurid reaalajas monitoorimiseks (17). Vähem levinud, kuid kiiresti laienevad tehisintellektil ja masinõppel põhinevad tehnoloogiad, kusjuures 7 vastust on seotud selliste rakendustega nagu ennustav energiajuhtimine (nt BrainBox AI).



Lõpuks mainisid vastajad täiendavate tehnoloogiate hulgas ehitusplatside robootikat ja automatiseerimissüsteeme (16 vastust) ning väike rühm märkis kohandatud lahendusi või „muid tehnoloogiaid" (kokku 8), mis kinnitab praegu kasutusel olevate või katsetamisfaasis olevate digitaalsete lahenduste heterogeensust.

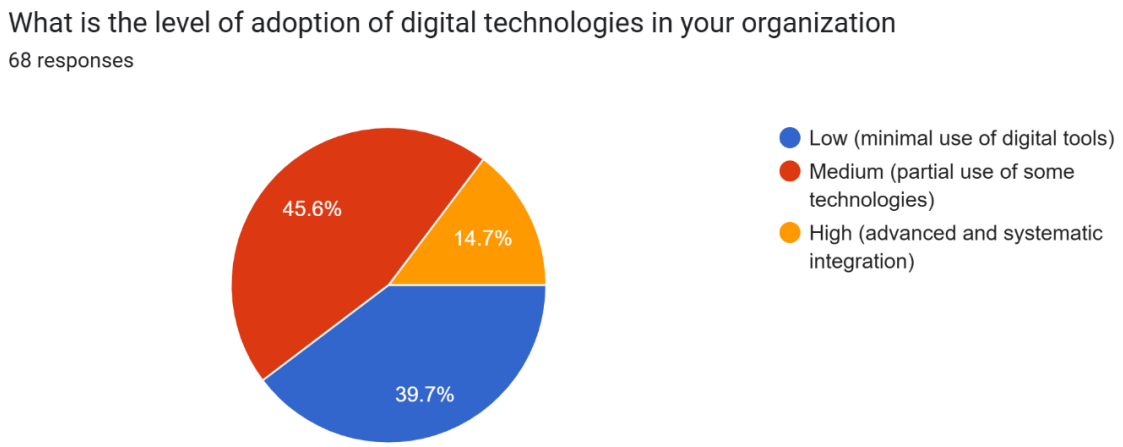


Üldiselt näitavad kogutud andmed head teadlikkust traditsiooniliste tööfaasidega (mõõdistamine, projekteerimine, ohutus) seotud tehnoloogiate osas, aga ka kasvavat huvi täiustatud ja integreeritumate lahenduste vastu, mida võidakse edasi uurida ja arendada tulevastes tööpakettides.

5.2. Digitehnoloogiate teadmise ja kasutamise tase.

Lisaks reaalselt kasutusel olevate või teoreetiliselt tuttavate digitehnoloogiate kindlakstegemisele sisaldas esimene küsimustik ka konkreetset küsimust digitehnoloogia üldise kasutuselevõtu taseme kohta vastajate organisatsioonides. Selle küsimuse vastused annavad esialgse hinnangu digitaliseerimise astme kohta ehitussektoris, nagu seda kogevad erinevates partnerriikides töötavad spetsialistid ise.
Kogutud andmed näitavad, et enamik vastajaid kuulub vahepealsesse kategooriasse: 31 osalejat valis vastuseks „keskmise" variandi, mis viitab mõne tehnoloogia osalisele kasutamisele. Sellesse rühma kuuluvad ettevõtted, kes on alustanud digitööriistade integreerimist oma protsessidesse, sageli mittesüstemaatiliselt või piirdudes konkreetsete valdkondadega (mõõdistamine, projekteerimine, ohutus), kuid kes ei ole veel välja töötanud strateegilist lähenemisviisi digitaalsele transformatsioonile.
Teine oluline rühm (27 vastust) teatas madalast kasutuselevõtutasemest, hinnates digitööriistade kasutamise minimaalseks. See tulemus kinnitab, et vaatamata tehnoloogiate kasvavale kättesaadavusele jäävad paljud ettevõtted – eriti mikro- ja väikeettevõtted – digitaliseerimisprotsessi ääremaale, sageli majanduslike või kultuuriliste takistuste või oskuste puudumise tõttu.

Ainult 10 vastajat teatasid töötamisest kontekstides, kus digitehnoloogiate kasutuselevõtt on „kõrge“ ehk kus digitehnoloogiad on oskuslikult ja süstemaatiliselt äriprotsessidesse integreeritud. Kuigi see rühm esindab vähemust, pakub see kasulikke juhtumianalüüse parimate tavade ja mudelitega, mida mujalgi Euroopa tasandil rakendada.

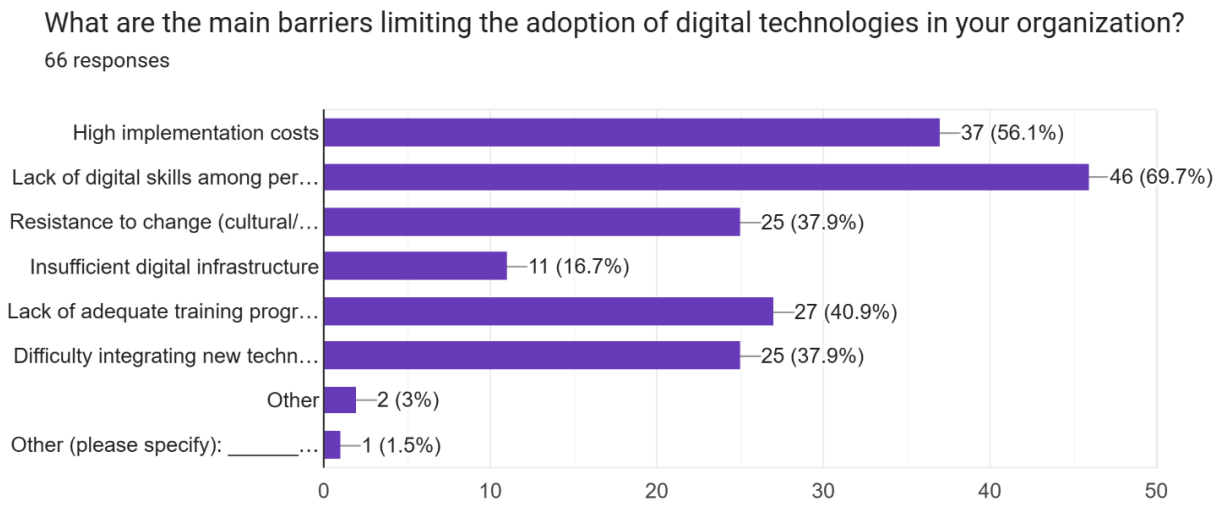


Üldiselt kinnitab vastuste jaotus arusaama ehitussektorist kui sektorist, mis läbib järkjärgulist ja endiselt ebaühtlast digitaalset üleminekut. Kõige olulisem näitaja on see, et üle 80% osalejatest hindab kasutuselevõtu taset keskmiseks või madalaks, mis näitab märkimisväärset arenguruumi ning vajadust sihipärase koolitamise ja strateegiliste sekkumiste järele. See tulemus kinnitab veelgi ET4Digitali projekti eesmärkide olulisust ja eelseisvates tööpakettides kavandatud tegevuste keskset tähtsust.

5.3. Osalejate väljatoodud takistused ja võimalused.

Digitaalsete tehnoloogiate kasutuselevõttu ehitussektoris takistavad mitmed läbivad takistused, mis tulevad ka selgelt esile esimese küsimustiku vastustest. Osalejad said valida esitatud variantide hulgast mitu valikut, pakkudes üksikasjalikku ülevaadet organisatsioonilisel, majanduslikul ja koolituskesksel tasandil tajutavatest väljakutsetest. Kõige sagedamini mainitud takistuseks on töötajate digioskuste puudumine, millele osutas 46 vastajat 70-st. See tulemus toob esile, kuidas tehniliste teadmiste puudus on peamine takistus digitaalsete tööriistade kasutuselevõtul, eriti väikestes ja keskmise suurusega ettevõtetes, kus tööjõud on sageli piiratud ja professionaalse arengu võimalused napid.
Sellele järgnevad „kõrged rakenduskulud“, mille valisid 37 vastajat ja mis näitab, et majanduslikud tegurid kujutavad endast jätkuvalt kriitilist läve – eriti avalike stiimulite, mastaabisäästu või ressursside jagamise mudelite puudumisel. Need kulud ei puuduta ainult tehnoloogiate ostmist, vaid ka töötajate koolitamist, protsesside kohandamist ja võimalikku väljastpoolt tulevat konsultatsiooni. Muude oluliste takistuste hulka kuuluvad piisavate koolitusprogrammide puudumine (27 vastust), vastupanu muutustele (25) ja raskused uute tehnoloogiate integreerimisel olemasolevatesse protsessidesse (25). Need leiud näitavad, et digitaalsete tehnoloogiate kasutuselevõtt ei ole mitte

ainult tehniline, vaid ka kultuuriline ja organisatsiooniline probleem: paljudel ettevõtetel on raskusi oma töömeetodite läbivaatamisega, töövoogude kohandamisega või muutuste süsteemse käsitlemisega.
Vähesem, kuid siiski esile tulev, on ebapiisava digitaalse taristu mainimine (11 vastust), mis mõjutab eelkõige just kehva ühendusega piirkondi või äärealadel asuvaid ehitusplatse.

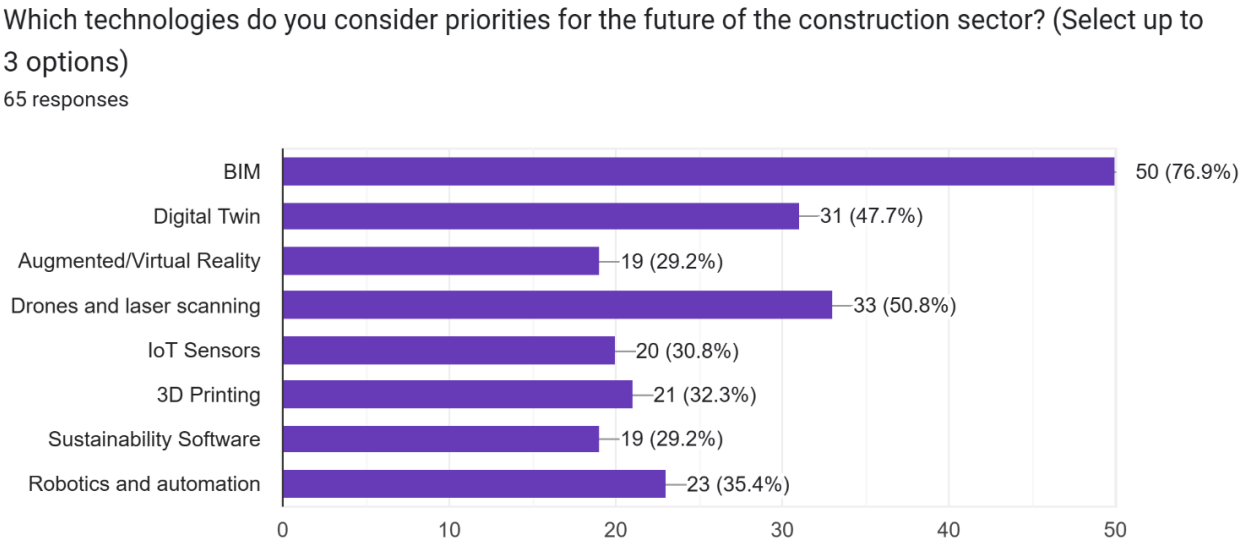


Neile takistustele vaatamata näitavad vastused avatud küsimustele ja fookusgruppidest tulnud mõtted ka digitehnoloogiate potentsiaali laialdast tunnustamist. Eelkõige nähakse tehnoloogiatel võimet parandada ehitusprotsesside tõhusust, jälgitavust, ohutust ja jätkusuutlikkust. Paljud osalejad väljendavad valmisolekut investeerida digitaliseerimisse, tingimusel, et tööriistad on lihtsad, majanduslikult kättesaadavad ja neid toetavad spetsiaalsed koolitusvõimalused.
Nende takistuste mõistmine ja nendega arvestamine on võtmeelemendiks üleminekut toetava poliitika, võimekust arendavate programmide ja operatiivsete tööriistade kujundamisel, mis on paremini kooskõlas sektori ettevõtete ja spetsialistide tegelike vajadustega.

5.4. Koolitajate hinnangul prioriteetsed tehnoloogiad.

Lisaks praegu kasutatavate tehnoloogiate kindlakstegemisele paluti küsimustikus osalejatel tulevikku suunatud perspektiivist märkida, milliseid digitaalseid tööriistu tuleks ehitussektori tulevikku silmas pidades prioriteetseks pidada. Vastused kinnitavad suures osas järeldusi, mis ilmnesid fookusgruppidest, mistõttu võib öelda, praktikute arusaamad ühtivad esilolevate tehnoloogiliste trendidega.
Peamiseks prioriteediks peetav tehnoloogia on hooneteabe modelleerimine (BIM), mille valis 50 vastajast 70-st. BIM-i ei peeta mitte ainult integreeritud disaini tööriistaks, vaid ka koostalitlusvõime platvormiks, mis suudab ühendada ehituse elutsükli erinevaid etappe. Seega nähakse BIM-i sektori digitaalse transformatsiooni nurgakivina.
Märkimisväärselt kõrgete mainimiskordadega järgnevad tihedalt droonid ja laserskannerid (33), digitaalne kaksik (31) ning robootika ja automatiseerimine ehitusplatsidel (23). Neid tehnoloogiaid

peetakse sageli üksteist täiendavateks: ühelt poolt võimaldavad need üha täpsemat ja automatiseeritud andmete kogumist; teiselt poolt avavad need uusi võimalusi kohapealsete tegevuste jälgimiseks, juhtimiseks ja optimeerimiseks.
Teiste sageli mainitud tehnoloogiate hulka kuuluvad 3D-printimine (21), asjade interneti andurid (20) ning liit- ja virtuaalreaalsuse lahendused (19), mida kasutatakse visuaalseks toeks disainis, immersiivses koolituses ja tööstsenaariumide simuleerimisel. Võrdset tähelepanu pööratakse keskkonnasäästlikkuse tarkvarale (19), mis peegeldab kasvavat teadlikkust vajadusest integreerida energia- ja keskkonnakriteeriumid otsusetegemisprotsessidesse.



Üldiselt näitavad vastused, et sektori sidusrühmad on orienteeritud tehnoloogiatele, mis parandavad täpsust, automatiseerimist, tõhusust ja jätkusuutlikkust. Väljendatud eelistused peegeldavad nõudlust innovatsiooni järele, mis läheb kaugemale üksikute tööriistade kasutuselevõtust ja otsib süsteemseid ja koostalitlusvõimelisi lahendusi. Seda suundumust on oluline silmas pidada koolitusraamistiku ja digipädevuste kujundamisel edaspidistes tööpakettides.

5.5. Soovitused tehnoloogia kasutuselevõtuks.

Esimese küsimustiku ja fookusgruppide tulemused näitavad selgelt, et digitehnoloogiate kasutuselevõtt ehitussektoris on endiselt ebaühtlane, kusjuures seda takistavad kultuurilised, majanduslikud ja hariduslikud asjaolud. Samas on ka suur nõudlus muutuste järele ja kasvav huvi tehnoloogiliste lahenduste vastu, mis võiksid suurendada sektori tõhusust, ohutust ja jätkusuutlikkust. Selles kontekstis on konkreetsete soovituste väljatöötamine tehnoloogia kasutuselevõtuks oluline samm eelseisvate tööpakettide tegevuse suunamisel.
Esimene soovitus käsitleb vajadust lihtsustada juurdepääsu digitehnoloogiatele, eriti VKE-de jaoks. Uurimuses osalenud spetsialistid tõid peamiste murekohtadena sageli esile tehnilist keerukust ja kõrgeid kulusid. Kasutajasõbralikumate, hoomatavamate ja odavamate tööriistade levitamine – potentsiaalselt vabakasutuse või jagatud platvormide kaudu – võiks aidata suurendada

põhitehnoloogiate (nt maamõõtmine, dokumendihaldus) kasutuselevõttu isegi vähem struktureeritud keskkondades.
Teine soovitus on siduda iga digitaalne tööriist konkreetse koolitusteega, mis toetab lisaks tehnilisele õppimisele ka operatiivsete ja organisatsiooniliste implikatsioonide mõistmist. WP2 tulemused näitavad, et paljud tehnoloogiad on teoreetilisel tasandil tuntud, kuid konkreetsete näidete või rakenduskontekstide puudumise tõttu jäävad need alakasutatuks. Seetõttu on oluline integreerida juhtumiuuringuid, demonstratsioone, simulatsioone ja lühikesi „tegemise käigus õppimise“ kursusi.
Kolmas võtmeelement on koolitajate otsene kaasamine tehnoloogiate disainimisse ja levitamisse. Koolitajad ei tohiks olla ainult sisu lõppkasutajad, vaid digitaalse ülemineku tõelised vahendajad, kes on võimelised edastama digitehnoloogiliste vahendite väärtust ja tähendust õpilastele, ettevõtetele ja professionaalsetes keskkondades üldiselt. Selleks vajavad nad lihtsaid ja kohandatavaid tööriistu, mis on kooskõlas kutsehariduse praktilise reaalsusega.
Lõpuks on oluline luua tehnoloogia kasutuselevõttu toetav ökosüsteem, mis hõlmab avalikke stiimuleid, tehnilise toe võrgustikke, innovatsioonile orienteeritud hankepoliitikat ning stabiilset koostööd institutsioonide, koolituspakkujate ja ettevõtete vahel. Sellest vaatenurgast lähtuvalt on ET4Digitali partnerite roll toetada tehnoloogia kasutuselevõttu mitte ainult tehniliste lahenduste, vaid ka korratavate, kaasavate ja tulemuslikkusele orienteeritud organisatsiooniliste ja hariduslike mudelite kaudu.

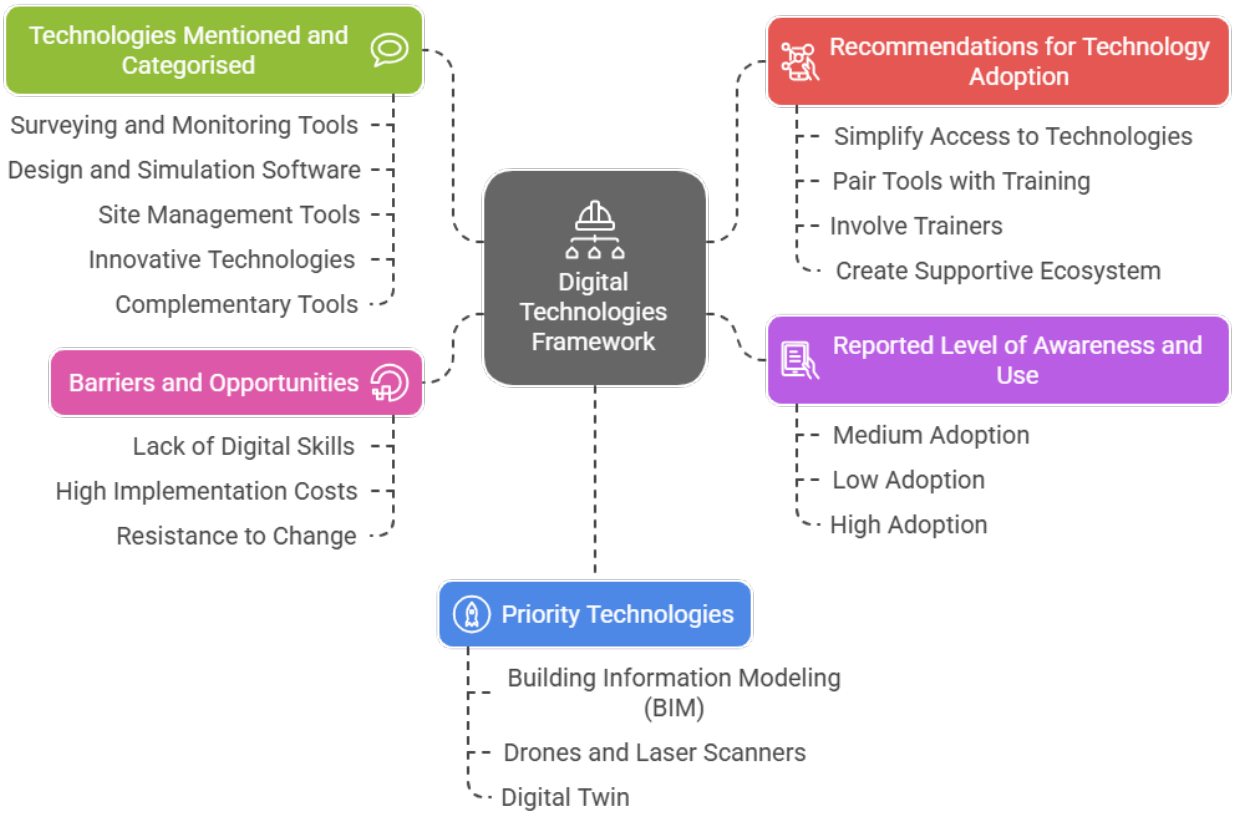


Figure 1 Framework and adoption of digital technologies in construction

6. Koolitajate digipädevuste kaardistamine.

See peatükk on pühendatud ehitussektori kutseõppe ja -koolituse (VET) koolitajate praeguste olemasolevate, tajutavate või vajalikuks peetavate digipädevuste kaardistamisele. Siin esitatud teave põhineb peamiselt seitsmes partnerriigis läbi viidud teisel küsimustikul ja fookusgruppide teisel voorul. Eesmärk on tuvastada praegused tugevused, lüngad ja prioriteetsed valdkonnad, millele põhinedes koostada järgnevates tööpakettides sektori tegelike vajadustega kooskõlas olev sihipärane koolitusprogramm.
Erinevalt tehnoloogilisest raamistikust, mis kirjeldab turul saadaolevaid tööriistu, keskendub pädevuste kaardistamine digitaalsete teadmiste ja oskuste nõudlusele koolitajate vaatenurgast. See uurib lisaks tööriistade kasutamise tasemele ka tuttavust uute tehnoloogiatega, ette tulnud raskusi ja võimet uuendusi haridusteedesse integreerida. See on oluline samm ET4Digital projekti digitaalsete oskuste kaardi väljatöötamisel.

6.1. Asjakohased pädevusvaldkonnad.

Teise küsimustiku abil kogutud vastused võimaldavad välja tuua mitu digitaalse pädevuse valdkonda, mida kutseõppe koolitajad peavad praegu ehituse ja tehnilise õppe kontekstis tõhusaks tegutsemiseks oluliseks. Need pädevused ei piirdu ainult tööriistade tehniliste teadmistega, vaid hõlmavad ka oskust integreerida neid sidusatesse, praktilistesse ja ülekantavatesse õppetegevustesse.
Esimene oluline valdkond on seotud hooneteabe modelleerimisega (BIM). Kuigi paljud koolitajad teatavad, et nad ei kasuta seda regulaarselt, tunnistavad enamik selle tehnoloogia keskset rolli tänapäevastes projekteerimis- ja ehitusprotsessides. Huvi BIMi vastu on laialt levinud, kuid tegelik pädevus näib olevat piiratud, seega on selge vajadus professionaalse arengu järele.
Teine valdkond puudutab digitaalseid kaksikuid, mis tekitavad küll uudishimu ja huvi, kuid on nii funktsionaalsuse kui ka haridusliku rakenduse osas endiselt halvasti mõistetavad.
Digitaalset kaksikut tajutakse sageli kui keerukat ja abstraktset tehnoloogiat, millel on suur potentsiaal simuleerimise, monitoorimise ja ennustava ehitusjuhtimise jaoks, kuid mis ei ole siiski osa igapäevastest koolituspraktikatest.
Asjade internet (IoT) kerkib samuti esile olulise ja kasvava pädevusvaldkonnana. Paljud koolitajad on teadlikud andurite ja andmete kogumise väärtusest ehitusplatsidel, eriti seoses ohutuse ja toimivuse jälgimisega. Siiski on nende kontseptsioonide koolitusprogrammidesse ülekandmiseks vajalikud pädevused endiselt nõrgad ja killustatud.
Immersiivsed tehnoloogiad, nagu virtuaalreaalsus (VR) ja liitreaalsus (AR), on neljas suure potentsiaaliga valdkond. Koolitajad mõistavad nende tööriistade olulisust simulatsioonide loomise, nendes orienteerumise, 3D-visualiseerimise ja ohutusjuhtimise jaoks, kuid neil puuduvad sageli vajalikud oskused, et luua neid kasutades struktureeritud õpikogemust.

Viimasena rõhutasid küsimustikus osalejad vajadust veebipõhist õpet ja koostöövahendeid võimaldavate digitaalsete platvormide järele. Kompetents selles valdkonnas on kõrgem tänu pandeemia ajal ja pärast seda saadud kogemustele, kuid endiselt oleks vaja interaktiivsemaid, integreeritumaid ja kutseharidusele sobivamaid lahendusi.
Üldiselt näitab küsimustik, et koolitajad on teadlikud tehnoloogilistest valdkondadest, milles nad peavad oma oskusi tugevdama, ning nad näitavad üldiselt üles avatud ja motiveeritud suhtumist oskuste täiendamisse. Eelnimetatud valdkondade kindlakstegemine on esimene oluline samm digitaalse pädevuse kaardi loomisel, millele ehitada WP4 koolitussisu.

6.2. Uuringus esile toodud probleemkohad.

Teisele küsimustikule antud vastuste analüüs paljastab mitmeid olulisi lünki ehitussektori kutseõppes tegutsevate koolitajate digitaalses valmisolekus. Need pädevuslüngad ei piirdu ainult konkreetsete tööriistade tehnilise valdamisega, vaid hõlmavad ka võimet tehnoloogiaid teadlikult ja süstemaatiliselt koolitusprogrammidesse integreerida.
Üks peamisi lünki puudutab hooneinfo modelleerimist (BIM). Kuigi enamik osalejaid tunnistab BIMi olulisust kutsepraktikas, teatab märkimisväärne osa neist, et nad ei tea, kuidas seda kasutada, või omavad vaid teoreetilisi teadmisi. Paljud koolitajad väljendavad soovi õppida BIMi kasutama, kuid kurdavad kättesaadava koolituse, piisavate tööriistade ja sobivate õpetamiskontekstide puudumise üle. Seega peetakse BIM-i vajalikuks pädevuseks, kuid igapäevases õpetamispraktikas on see endiselt väherakendatud.
Teine märkimisväärne lünk on seotud digitaalsete kaksikutega, mille toimimist tuntakse sageli halvasti või valesti. Praktilise kogemuse ning konkreetsete rakendusjuhtunäidete puudumine raskendab koolitajate jaoks teema haridustegevusse kaasamist selgel ja sisukal viisil.
Asjade interneti ja nutikate anduritega seotud vastused näitavad keskmist tuttavuse taset: koolitajad mõistavad nende tehnoloogiate potentsiaali, eriti ohutuse ja tulemuslikkuse jälgimise osas, kuid neil puuduvad sageli oskused andmete pedagoogiliselt tõhusaks kasutamiseks.
Samuti toovad nad esile raskendatud ligipääsu seadmetele, tarkvarale, simuleeritud keskkondadele ja rahalistele vahenditele.
Immersiivsed tehnoloogiad (VR ja AR) esindavad samuti suure potentsiaaliga valdkonda, mida praegu alakasutatakse. Koolitajad väljendavad huvi ja valmisolekut nendega katsetada, kuid toovad esile tehnilist keerukust, seadmete maksumust, valmis sisu puudumist ja raskuseid immersiivsete tegevuste kasulikkuse hindamist õpieesmärkide saavutamise seisukohalt.
Viimane kriitiline valdkond puudutab tehnoloogiate pedagoogilist integreerimist. Isegi kui koolitajad teatavad digitaalsete tööriistade (veebiplatvormid, õpikeskkonnad, koostöövahendid) tundmisest ja kasutamisest, on neil sageli raskusi tõeliselt interaktiivsete, modulaarsete ja pädevuspõhiste koolituste kujundamisega. Puudub metoodiline tugi sidusate, tõhusate ja kohandatavate digitaalsete õppetegevuste kujundamiseks.
Kokkuvõttes kinnitab küsimustik, et kutseõppe koolitajate seas on selge nõudlus professionaalse arengu järele, mis ulatuks kaugemale pelgalt uute tööriistade tutvustamisest ja tugevdaks ehitussektori digitaalsete koolitusradade kavandamiseks, haldamiseks ja hindamiseks vajalikke

pädevusi. Nende lünkade täitmine on üks WP4 raames väljatöötatud koolitusprogrammi peamisi eesmärke.

6.3. Võtmejuhtumid ja avatud küsimustikele laekunud vastused.

Teise küsimustiku vastused koos riiklike fookusgruppide käigus kogutud teadmistega aitasid tuvastada korduvaid teemasid ja võtmetähtsusega juhtumeid, mis illustreerivad, kuidas koolitajad digitaalset üleminekut kogevad. Need kvalitatiivsed sissevaated rikastavad kvantitatiivseid andmeid, aidates paremini mõista tehnoloogiate integreerimisega seotud operatiivseid väljakutseid ja ootusi. Esimene esile kerkinud teema puudutab koolitusvõimaluste killustatust ja kättesaadavust. Paljud koolitajad kirjeldavad raskuseid ehitussektorile spetsiifiliste digitaalsete pädevuste omandamisele suunatud õppevõimaluste leidmisel, mis oleksid seejuures struktureeritud ja ajakohased. Puudu on sihtotstarbelistest kursustest – eriti BIM-i valdkonnas – samuti kutseõppe konteksti jaoks loodud õppematerjalidest. Mõned osalejad teatasid, et nad omandasid digioskused peamiselt iseõppimise või Euroopa projektide kaudu, kuid neil oli raskusi nende kogemuste stabiilseks või ametlikult tunnustatud koolitustegevuseks muutmisega.
Teine kriitiline valdkond on seotud teooria ja praktika vahelise lõhega.
Kuigi paljud koolitajad on teadlikud sellistest tehnoloogiatest nagu BIM, digitaalne kaksik või asjade internet, väidavad nad, et neil puuduvad tehnilised või metodoloogilised tingimused nende rakendamiseks igapäevases õpetamises. See raskus toob sageli kaasa nende tööriistade piiratud või marginaalse kasutamise, mis piirdub pilootprojektide või õppekavaväliste tegevustega.
Teine sageli mainitud probleem on infrastruktuuriliste ja organisatsiooniliste takistuste olemasolu. Mõned koolitajad osutavad koolitusasutuste vananenud seadmetele, ajapuudusele professionaalseks arenguks, ebapiisavale tehnilisele toele ja intuitiivse, kutseharidusele sobiva haridustarkvara piiratud kättesaadavusele. Mitmel juhul kutsutakse üles tõstma ka koolide juhtkonna ja institutsioonide teadlikkust digitaliseerimisse investeerimise olulisusest.
Sellegipoolest esitasid osalejad ka konkreetseid ettepanekuid. Nad väljendavad soovi virtuaalsete õpikeskkondade, odavate digitaalsete laborite, hõlpsasti kohandatavate interaktiivsete tööriistade ja avatud ligipääsuga ressursside arendamise järele, mis võimaldaksid simuleerida ehitusplatsi stsenaariume ning hoolduse, ohutuse või energiahaldusega seotud olukordi. Eriti väärtuslikuks peetakse tehnoloogiaid, mis võimaldavad immersiivseid ja praktilisi kogemusi, mis soodustavad õpilaste aktiivset osalemist.
Üldiselt peegeldavad kogutud tähelepanekud koolitajaid kui motiveeritud ja teadlikku kogukonda, kes vajab praktilisi tööriistu, metoodilist tuge ja soodsaid tingimusi, et oma rolli innovatsiooni edendajana täielikult täita. Need elemendid on tulevaste tööpakettide oskuste kaardi ja koolitussisu kujundamisel kesksel kohal.

6.4. Visuaalne oskuste kaart ja hariduslikud soovitused.

Teise küsimustiku ja koolitajatega peetud riiklike fookusgruppide abil kogutud andmete põhjal oli võimalik välja töötada esialgne kvalitatiivne kaart ehitussektori kutseõppes vajalikest

digipädevustest. Kuigi seda kaarti pole veel lõpliku visuaalse tööriistana vormistatud, võimaldab see tuvastada võtmepädevuste klastreid, mida saab hiljem eelseisvates tööpakettides õppemooduliteks, koolitussisuks ja oskuste täiendamise teedeks muuta.
Tuvastatud pädevused saab jagada nelja põhivaldkonda:

1. Digitaalsete tööriistade operatiivsed pädevused: need hõlmavad sellise tarkvara kasutamist nagu BIM, 3D-modelleerimiskeskkonnad, simulaatorid, koostööplatvormid, andurid ning liit- ja virtuaalreaalsuse tööriistad. Selles valdkonnas on teadmised sageli killustatud ja enamasti teoreetilised ning nende tööriistade õpetamispraktikasse integreerimisel on suur vajadus praktilise toe järele.
2. Õppematerjalid ja metodoloogilised pädevused: need on seotud võimega integreerida tehnoloogiaid koolitusprogrammidesse viisil, mis on kooskõlas hariduslike eesmärkidega. Koolitajad väljendavad vajadust töötada välja strateegiad hübriidkursuste kujundamiseks, virtuaalsete laborite haldamiseks, digitaalsete hindamisvahendite kasutamiseks ja õpetamise kohandamiseks digitaalsete keskkondade iseärasustega.
3. Kohandumisvõime ja oskuste täiendamise pädevused: need hõlmavad võimet jälgida tehnoloogia arengut ja iseseisvalt sisu ajakohastada. See valdkond on tihedalt seotud kriitilise teadlikkusega tehnoloogiate rollist tööelu ja hariduse ümberkujundamisel ning valmisolekuga aktiivselt osaleda innovatsiooniprotsessides.
4. Suhtlemis- ja juhendamispädevused: need on seotud koolitaja rolliga digitaalse õppe hõlbustajana, kes on võimeline kaasama, motiveerima ja juhendama õpilasi tehnoloogiate uurimisel. Seda dimensiooni peetakse oluliseks vastupanu ületamiseks ja digitaalsete tööriistade vastutustundliku ja teadliku kasutamise edendamiseks.

Sellest analüüsist tulenevad hariduslikud soovitused saab kokku võtta järgmiste juhtpõhimõtetega: luua taseme ja rolli järgi diferentseeritud modulaarseid õppeteid; edendada kogemusõpet simulatsioonide, projektide ja kaasahaaravate keskkondade kaudu; integreerida enesehindamise ja edusammude jälgimise vahendeid; edendada sisu kättesaadavust ja skaleeritavust; toetada koolitajate kogukonda praktiliste tööriistade, õpetuste, kasutusvalmite näidete ja koostöökeskkondadega.
Kuigi see esialgne oskuste kaart on kvalitatiivne, on see strateegiline viide WP4 koolituse ülesehitusele ja lähtepunkt Euroopa digitaalsete pädevuste raamistiku võimalikuks formaliseerimiseks ehitussektori kutsekoolitajatele.

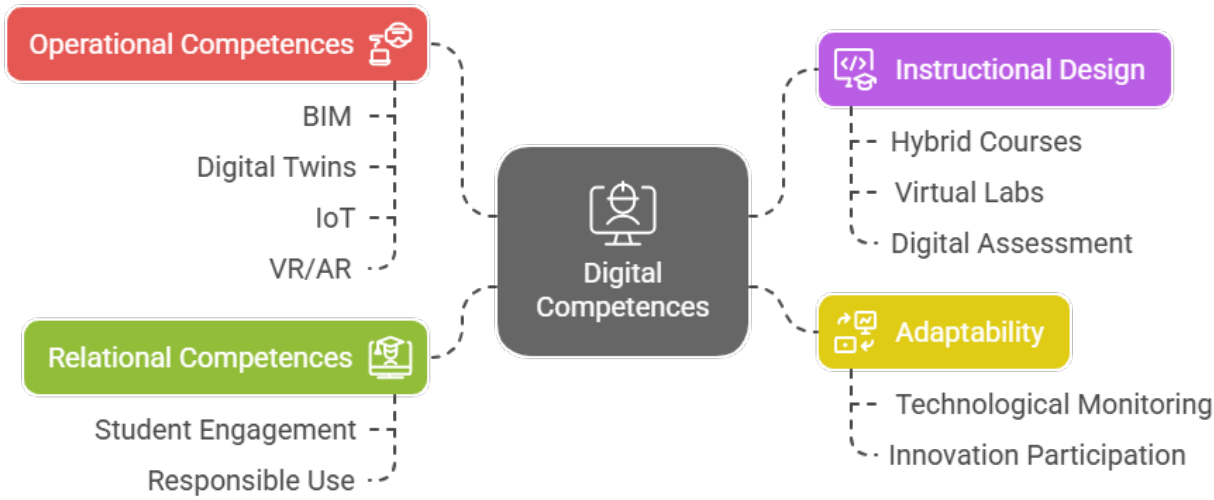


Figure 2. Digital competences for VET trainers in construction

7. Järeldused ja strateegilised ettepanekud.

ET4Digital projekti 2. tööpakett (WP2) on olnud oluline uurimuslik etapp, mille eesmärk on mõista digitaalse transformatsiooni praegust olukorda Euroopa ehitussektoris, keskendudes eelkõige kutseõppe ökosüsteemi rollile ja valmisolekule. Kvantitatiivsete ja kvalitatiivsete meetodite – kahe veebiküsitluse, 14 riikliku fookusgrupi ja struktureeritud kirjanduse ülevaate – integreerimise kaudu on see tööpakett võimaldanud koguda usaldusväärset tõendusmaterjali, mis toob esile nii ühiseid suundumusi kui ka osalevates riikide kohalikke eripärasid.

Tulemused näitavad kahetist stsenaariumi: ühelt poolt näitab ehitustööstus üha suurenevat teadlikkust ja huvi digitaalsete tööriistade vastu, eriti mõõdistamise, projekteerimise ja ohutusega seoses. Sellised tehnoloogiad nagu hooneteabe modelleerimine (BIM), digikaksikud, asjade internet (IoT), 3D-printimine ja liit-/virtuaalreaalsus on oma potentsiaali poolest laialdaselt tunnustatud. Nende tegelik rakendamine on aga endiselt killustatud ja piiratud, eriti väikestes ja keskmise suurusega ettevõtetes (VKE-des) ning koolituspakkujate seas, kellel sageli puudub vajalik infrastruktuur ja pädevused.

Koolitajate vastuste põhjal maalitud pilt nende endi olukorrast on täis võimalusi ja dünaamilisust, aga ka märkimisväärseid väljakutseid.

Kuigi mõned koolitajad näitavad üles kõrget digitaalset küpsust ja integreerivad aktiivselt uusi tehnoloogiaid oma õpetamispraktikasse, teatavad paljud teised enesekindluse, tehnilise toe ja struktureeritud koolitusvõimaluste puudumisest. Küsitlused ja fookusgrupid näitasid selget vajadust praktiliste ja hõlpsasti kasutatavate digitaalsete tööriistade järele ning tugevat soovi elukestvate professionaalse arengu radade järele, mis oleksid kooskõlas reaalsete rakendusvõimalustega ja pedagoogiliselt tõhusad.

Läbivalt toodi esile selliseid struktuurilisi takistusi nagu digitaalsete tööriistade kõrge hind, piiratud juurdepääs ajakohasele varustusele, ajapuudus ja institutsionaalse toetuse puudumine ning üldine vastuseis muutustele – eriti traditsioonilisemate sidusrühmade seas. Neid takistusi süvendab digitaaltehnoloogiate kiiresti arenev olemus, mis sageli edestab koolitusasutuste võimet õppekavasid kohandada, riistvara hankida või õpetamismetoodikaid ajakohastada.
Vaatamata neile piirangutele on WP2 loonud aluse tugevale ja teostatavale tegevuskavale. See andis kaks peamist tulemust:

1. AECO (arhitektuuri, inseneriteaduse, ehituse ja haldamise) sektoris rakendatavate asjakohaste digitehnoloogiate struktureeritud raamistik, mis on liigitatud vastavalt nende praegusele ja potentsiaalsele mõjule, rakendusvaldkondadele ja kasutuselevõtu astmele.
2. Koolitajate poolt sektori ülemineku tõhusaks toetamiseks vajalike digipädevuste esialgne kaardistamine, rõhutades nii digitaalse valmisoleku tehnilisi kui ka pedagoogilisi aspekte. Need kaks raamistikku annavad teavet ja suunavad projekti järgmiste etappide väljatöötamist:
3. tööpaketis (WP3) panustavad nad Euroopa koolitusmudeli kujundamisse, mis hõlmab koolitajate profiilide ja digitaalse küpsuse tasemete mitmekesisust.
4. tööpaketis (WP4) toetavad nad modulaarsete, kohandatavate ja kontekstipõhiste koolitusmaterjalide ja õppekavade ühist loomist, mida testitakse ja valideeritakse nii riiklikul kui Euroopa tasandil.

7.1. Strateegilised ettepanekud.

WP2 järelduste põhjal pakutakse välja järgmised strateegilised suunad koolitajate oskuste täiendamiseks ja digitaalse innovatsiooni edendamiseks ehitussektoris:

- Investeerida koolitajate professionaalsesse arengusse, pakkudes kohandatud ja mitmetasandilisi õppeteid, mis keskenduvad lisaks tehnoloogilisele kompetentsusele ka digipedagoogikale ja praktilistele rakendustele. Tõhusate vormidena tuleks julgustada grupitööpõhist õpet, mentorlust ja erialaseid kogukondi.
- Edendada digitaalsete tööriistade ja sisu kättesaadavust, integreerides avatud ligipääsuga lahendusi, taskukohast tarkvara ja simulatsiooniplatvorme, mida saab hõlpsasti rakendada isegi piiratud ressurssidega keskkondades. See hõlmab koolitajatele kasutusvalmite näidete, mallide ja juhtumiuuringute kogude pakkumist.
- Edendada koostööl põhinevat innovatsiooniökosüsteemi, kus kutseõppe pakkujad, ettevõtted, tehnoloogiaarendajad, poliitikakujundajad ja kohalikud sidusrühmad teevad koostööd. See hõlmab stabiilsete partnerlussuhete loomist, koolitussisu ühist kujundamist ja valideerimist ning akadeemiliste ringkondade ja tööturu vahelist koostööd.
- Julgustada institutsioonilist ja poliitilise tasandi toetust digitaalsele transformatsioonile, sealhulgas koolituskeskuste digitaalse taristu rahastamisskeeme, innovatsiooniprojektide stiimuleid ja digipädevuste integreerimist riiklikesse kvalifikatsiooniraamistikesse.
- Jälgida ja hinnata digitaalsete koolitusalgatuste tõhusust, et tagada nende pidev täiustamine. Arvesse peaks võtma lisaks teadmiste omandamisele ka reaalset rakendatavust, õppijate kaasatust ja mõju organisatsioonilistele tavadele ehitusettevõtetes.

ET4Digital projekt loodi vastusena ehitussektori kasvavatele digitaliseerimisvajadustele ja koolitajate strateegilisele rollile selle ümberkujundamisel. WP2 on pakkunud tugeva teadmistebaasi ja tõenduspõhise tegutsemissuunise. See on näidanud, et kuigi esineb väljakutseid, on Euroopa koolitajate ja sidusrühmade seas olemas valmisolek uuendusteks, õppimiseks ja koostööks.
Edaspidi sõltub projekti edu meie võimest muuta see potentsiaal skaleeritavateks lahendusteks, luua kaasavaid ja tulevikukindlaid koolituskeskkondi ning anda koolitajatele võimalus olla muutuste eestvedajateks arenevas ja üha digitaalsemas ehitustööstuses.

LISA

A. KÜSITLUSE STRUKTUUR.

KÜSITLUS NR 1 (tõlgituna inglise keelest)

Digitaalsete tehnoloogiate kaardistamine AECO sektoris
(Arhitektuur, inseneriteadus, ehitus ja haldus)

Osa 1. Üldine informatsioon

1. **Mis on Teie peamine roll ehitussektoris?**
   ☐ VKE omanik/juht
   ☐ Insener/arhitekt
   ☐ Kutseõppe koolitaja või õpetaja
   ☐ Tehnik/kohapealne operator
   ☐ Digitaalse tehnoloogia ekspert
   ☐ Muu (palun täpsustage): _____

2. **Mis riigis Te peamiselt tegutsete?**
   ☐ Itaalia
   ☐ Hispaania
   ☐ Saksamaa
   ☐ Kreeka
   ☐ Eesti
   ☐ Põhja-Makedoonia
   ☐ Austria

3. **Kui suur on Teie organisatsioon?**
   ☐ Mikro (1-9 töötajat)
   ☐ Väike (10-49 töötajat)
   ☐ Keskmine (50-249 töötajat)
   ☐ Suur (>250 töötajat)

Osa 2. Digitaalsete tehnoloogiate kasutamine

4. **Milliseid järgmistest digitehnoloogiatest te ehitussektoris kontekstis tunnete või kasutate?** *(Valige kõik sobivad)*

   A. Mõõdistus- ja seirevahendid

☐ Tahhümeeter (teodoliit)
☐ GPS (georeferentsimine)
☐ Laserskaneerimine (Scan2BIM: punktipilv ja 3D-mudel)
☐ Droonid mõõdistamiseks ja seireks

B. Projekteerimis- ja simulatsioonitarkvarad
☐ 2D/3D arhitektuurilise projekteerimise tarkvara (nt AutoCAD, ArchiCAD)
☐ Konstruktsioonide projekteerimise tarkvara (nt SAP2000)
☐ Dünaamilise energiamodelleerimise tarkvara (nt IES VE)
☐ Poolstaatilise energiamodelleerimise tarkvara (nt Thermolog, MC4)
☐ Tuleohutuse projekteerimine koos vedelike dünaamika analüüsiga (nt MC4)
☐ Elektrisüsteemide projekteerimistarkvara (nt Impiantus – ACCA tarkvara)

C. Ehitusplatsi haldamise ja dokumentatsiooni tööriistad
☐ Ehitusdokumentide haldustarkvara (nt ZUTEC)
☐ Ehitusplatside ohutusplaanid (PSC tööriistad)
☐ Riskihindamise dokumendid (DVR, DUVRI, POS-tööriistad)

D. Innovatiivsed tehnoloogiad
☐ Digikaksik (digitaalsed mudelid simulatsioonide ja jälgimise jaoks)
☐ Materjalide ja komponentide 3D-printimine
☐ Asjade interneti (IoT) andurid (hoonete ja ehitusplatside reaalajas jälgimine)
☐ Jätkusuutlikkuse tööriistad (nt LEED-sertifikaat, OneClick LCA)
☐ Tehisintellekt (nt BrainBox või muud sarnased tööriistad)

E. Muud tehnoloogiad
☐ Robootika ja automatiseerimine ehitusplatside jaoks
☐ Muu (palun täpsustage): _____

5. **Mis on nende tehnoloogiate kasutamise peamine eesmärk?** *(Valige kõik sobivad)*
☐ Ehitusplatside mõõdistamine ja monitoorimine
☐ Arhitektuurne/konstruktsiooniline projekteerimine
☐ Energiasimulatsioon ja jätkusuutlikkus
☐ Ehitusdokumentide haldamine ja kontroll
☐ Ohutus (objektil ja ettevõttes)
☐ Koolitamine ja oskuste arendamine
☐ Muu (palun täpsustage): _____

6. **Milline on digitehnoloogiate kasutuselevõtu tase teie organisatsioonis?**
☐ Madal (digitaalsete tööriistade minimaalne kasutamine)
☐ Keskmine (mõne tehnoloogia osaline kasutamine)

☐ Kõrge (süstemaatiline integratsioon)

Osa 3. Eelised ja takistused

7. **Milliseid digitööriistade kasutuselevõtust tulenevaid eeliseid olete täheldanud? (***Valige kõik sobivad)*
   ☐ Suurem produktiivsus
   ☐ Vähenenud kulud
   ☐ Töö kvaliteedi paranemine
   ☐ Parem ohutus
   ☐ Energia- ja keskkonnasäästlikkus
   ☐ Tõhusam meeskondadevaheline koostöö
   ☐ Vähenenud ajakulu projektides
   ☐ Muu (palun täpsustage): _____

8. **Millised on peamised takistused, mis piiravad digitehnoloogiate kasutuselevõttu Teie organisatsioonis?**
   ☐ Kõrged rakenduskulud
   ☐ Töötajate digioskuste puudumine
   ☐ Vastumeelsus muutuste osas (kultuuriline/organisatsiooniline)
   ☐ Ebapiisav digitaalne taristu
   ☐ Adekvaatsete koolitusprogrammide puudumine
   ☐ Raskused uute tehnoloogiate integreerimisel olemasolevasse protsessidesse
   ☐ Muu (palun täpsustage): _____

Osa 4. Vajadused ja ettepanekud tuleviku osas

9. **Milliseid tehnoloogiaid peate ehitussektori tulevikku silmas pidades prioriteetseteks?** *(Valige kuni 3 varianti)*
   ☐ BIM
   ☐ Digikaksik (Digital Twin)
   ☐ Liit-/virtuaalreaalsus (AR/VR)
   ☐ Droonid ja laserskaneerimine
   ☐ Asjade interneti andurid (IoT)
   ☐ 3D-printimine
   ☐ Jätkusuutlikkuse tarkvara
   ☐ Robootika ja automatiseerimine

10. **Mis aitaks Teie organisatsioonis nende tehnoloogiate kasutuselevõttu hõlbustada?**
    ☐ Spetsiifilised koolitusprogrammid töötajatele
    ☐ Rahalised stiimulid või rahastus

☐ Juurdepääs taskukohasematele digitaalsetele tööriistadele
☐ Tehniline ja tegevusalane konsultatsioon
☐ Muu (palun täpsustage): _____

11. **Kas Teil on ettepanekuid või kommentaare digitaaltehnoloogiate kasutamise kohta ehitussektoris?**

KÜSITLUS NR 2 (tõlgituna inglise keelest)

Ehitussektori koolitajate digitaalsed oskused ja koolitusvajadused.

Osa 1. Üldine informatsioon

1. **Mis on Teie peamine roll ehitusalases koolitamises?**
   ☐ Kutsekoolitaja (kutseharidus ja -koolitus)
   ☐ Ülikooli õppejõud
   ☐ Tehnikakooli õpetaja
   ☐ Konsultant/ettevõtte koolitaja
   ☐ Muu (palun täpsustage): _____
2. **Millises riigis te peamiselt töötate?**
   ☐ Itaalia
   ☐ Hispaania
   ☐ Saksamaa
   ☐ Kreeka
   ☐ Eesti
   ☐ Põhja-Makedoonia
   ☐ Austria
3. **Mitu aastat olete ehituskoolitamises töötanud?**
   ☐ Vähem kui aasta
   ☐ 1-5 aastat
   ☐ 6-10 aastat
   ☐ Rohkem kui 10 aastat

Osa 2. BIM ja digikaksik koolitamispraktikas.

4. **Kas Teil on kogemusi BIM-i (hooneteabe modelleerimise) kasutamisega oma õpetamistegevuses?**

☐ Jah, ma kasutan seda regulaarselt
☐ Jah, aga ainult aeg-ajalt
☐ Ei, aga ma tahaksin õppida, kuidas seda kasutada
☐ Ei, see ei ole minu rolli seisukohalt oluline

5. **Kas olete kuulnud digikaksikutest ehitussektori koolituses?**
   ☐ Jah, ja ma juba kasutan neid oma kursustel
   ☐ Jah, aga ma ei saa täielikult aru, kuidas neid rakendada
   ☐ Ei, aga ma tahaksin rohkem teada saada
   ☐ Ei, ma ei ole huvitatud
6. **Millised on peamised väljakutsed BIM-i/digikaksiku kasutamisel koolitamispraktikas?** *(Valige kõik sobivad)*
   ☐ Spetsiifilise koolitatuse puudumine
   ☐ Kõrged tarkvarakulud
   ☐ Raskused selle integreerimisel olemasolevatesse kursustesse
   ☐ Õpilaste/õpetajate vastuseis muutustele
   ☐ Muu (palun täpsustage): _____

Osa 3. Asjade internet (IoT) ja andurid objekti jälgimiseks koolitamispraktikas.

7. **Kas olete tuttav andurite ja asjade interneti (IoT) kasutamisega ehitusplatside ohutuse ja toimivuse jälgimiseks?**
   ☐ Jah, ja ma kasutan neid oma õpetamises
   ☐ Jah, aga mul pole kunagi olnud võimalust neid kasutada
   ☐ Ei, aga olen huvitatud nende potentsiaali uurimisest
   ☐ Ei, see valdkond ei paku mulle huvi
8. **Millised andurite kogutud andmed võiksid koolitusel kasulikud olla?** *(Valige kõik sobivad)*
   ☐ Töötajate ohutuse monitoorimine
   ☐ Õhukvaliteedi ja materjalide analüüs
   ☐ Konstruktsiooni stabiilsuse kontroll
   ☐ Energiatarbimise optimeerimine
   ☐ Muu (palun täpsustage): _____
9. **Millised on peamised raskused asjade interneti integreerimisel koolitustesse?** *(Valige kõik sobivad)*
   ☐ Seadmete ja paigalduse maksumus
   ☐ Kasutamise ja andmete tõlgendamise keerukus
   ☐ Ühilduva õppetarkvara puudumine
   ☐ Nende tööriistadega seotud koolitamatus
   ☐ Muu (palun täpsustage): _____

Osa 4. Virtuaal- ja liitreaalsus (VR/AR) koolitamispraktikas.

10. **Kas olete kunagi oma kursustel kasutanud virtuaalreaalsust (VR) või liitreaalsust (AR)?**
    - ☐ Jah, regulaarselt
    - ☐ Jah, aga vaid eksperimentaalses korras
    - ☐ Ei, aga olen huvitatud proovima
    - ☐ Ei, ma ei näe seda enda rolli silmas pidades olulisena
11. **Millised VR/AR rakendused võiksid koolitamispraktikas kasulikud olla?** *(Valige kõik sobivad)*
    - ☐ Ohutusprotseduuride simulatsioon
    - ☐ Ehitusplatside ja hoonete virtuaaltuurid
    - ☐ Praktiline koolitus masinate kohta
    - ☐ Muu (palun täpsustage): _____
12. **Millised on peamised takistused VR/AR kasutuselevõtul koolituspraktikas?** *(Valige kõik sobivad)*
    - ☐ Seadmete ja tarkvara maksumus
    - ☐ Tehniline keerukus ja vajadus erioskuste järele
    - ☐ Raskused traditsioonilistesse kursustesse integreerimisel
    - ☐ Juhtumiuuringute ja konkreetsete näidete puudumine
    - ☐ Muu (palun täpsustage): _____

Osa 5. Digitaalsed platvormid ja tehisintellekt koolitamispraktikas.

13. **Milliseid digitaalseid tööriistu Te veebipõhiseks koolitamiseks kasutate?** *(Valige kõik sobivad)*
    - ☐ Õppehaldussüsteemi platvormid (Moodle, Blackboard jne)
    - ☐ Virtuaalse klassiruumi tarkvarad (Zoom, Teams jne)
    - ☐ Tehisintellekt personaalseks õppeks
    - ☐ Mitte ühtegi, aga tahaksin neid kasutama hakata
    - ☐ Muu (palun täpsustage):_____
14. **Milliseid täiendusi sooviksite digitaalsetes koolitusplatvormides näha?** *(Valige kõik sobivad)*
    - ☐ Rohkem interaktiivsust ja mängulisust
    - ☐ Tehisintellektil põhinevad funktsioonid individualiseeritud õppeks
    - ☐ Parem integratsioon simulatsiooni- ja VR-tööriistadega
    - ☐ Muu (palun täpsustage): _____

Osa 6. Kommentaarid ja ettepanekud.

15. Kas Teil on ettepanekuid või kommentaare seoses digitehnoloogiate kasutamisega ehituskoolitamispraktikas? Kas Teil on üldiseid ettepanekuid või ideid tehnoloogiliste edusammude kohta, mis võiksid ehitussektorile kasuks tulla?

B. KASUTATUD KIRJANDUS.

1. Claßen, H., Bartels, N., Riedlinger, U., & Oppermann, L. (2024). *Transformation of the AECO industry through the metaverse: Potentials and challenges*. Discover Applied Sciences, 6, Article 461.
2. Dou, Y., Li, T., Li, L., Zhang, Y., & Li, Z. (2023). *Tracking the research on ten emerging digital technologies in the AECO industry*. Journal of Construction Engineering and Management, 149(3), 03123003.
3. Lahn, L. C., & Berntsen, S. K. (2023). *Frameworking vocational teachers' digital competencies: An integrative literature review and synthesis*. Nordic Journal of Comparative and International Education (NJCIE), 7(2).
4. Würges, S., & Aprea, C. (2024). *Implementation of digital tools in VET: Experienced support and technology acceptance*. Nordic Journal of Vocational Education and Training, 14(2), 78–104.
5. Zhong, Z., & Juwaheer, S. (2024). *Digital competence development in TVET with a competency-based whole-institution approach*. VTE Journal, 1(13).
6. Redecker, C. (2017). *European Framework for the Digital Competence of Educators: DigCompEdu* (S. Bocconi, J. Earp, & S. Panesi, Trans. & Eds., Italian version). Commissione Europea, Centro Comune di Ricerca.
7. Attwell, G., Deitmer, L., Perini, M., Roppertz, S., & Tutlys, V. (2020). *Digitalisation, artificial intelligence and vocational occupations and skills: What are the needs for training teachers and trainers?* Tacle AI Project (Preprint).
8. Attwell, G., Karadog, A. M. G., Stieglitz, D., Bekiaridis, G., DePryck, K., Wambacq, I. J. A., ... & Correia, F. (2023). *Transforming vocational education and training: Harnessing the power of digital assessment – Report and policy recommendations from the e-assessment in VET project*. Pontydysgu Ltd.
9. Osservatorio Europeo sul Settore delle Costruzioni. (2021). *La digitalizzazione nel settore delle costruzioni: Rapporto analitico*. Bruxelles: Commissione Europea.
10. Maltese, T., Santarcangelo, M., Santarcangelo, V., Sinitò, D. C., Poniszewska-Marańda, A., Šuligoj, J., Jesus, A., & Sanchis, E. (2023). *Digital.VET: An innovative approach for teaching and training*. In E. di Bella, L. Fabbris, & C. Lagazio (Eds.), *ASA 2022 - Data-Driven Decision Making: Book of Short Papers* (pp. 215–220). Firenze University Press & Genova University Press.
11. Zhong, Z., & Juwaheer, S. (2024). *Digital competence development in TVET with a competency-based whole-institution approach*. *VTE Journal*, 1(13).

ET4Digital

Kutsehariduskeskuste õpetajate võimestamine digitaalseks innovatsiooniks ehituslikus ökosüsteemis

PROJEKT no. 2024-1-IT01-KA220-VET-000249119





Projekt on rahastatud Euroopa Liidu poolt. Sellegipoolest peegeldavad siin avaldatud seisukohad ja arvamused eeskätt autori(te) omi ega väljenda tingimata Euroopa Liidu ega Euroopa Hariduse ja Kultuuri Rakendusameti (EACEA) seisukohti. Euroopa Liit ega EACEA ei vastuta nende eest.