

Slutrapport

Pedagogisk utveckling av laborativa moment på distans

Innehållsförteckning

Introduktion	3
Metod	3
Resultat	5
Omvärldsanalys	5
Elektronstrålesmältning: Virtuellt demonstration.....	6
Situationsanpassad pedagogik	7
Stöddokument/laborationshandledning.....	10
Test	10
Kursplansändringar.....	10
Additiv tillverkning och hållbarhet.....	12
Workshop inom Climate Fresk.....	12
Diskussion	16
Elektronstrålesmältning: Virtuellt demonstration.....	16
Additiv tillverkning och hållbarhet.....	18

Introduktion

Maskinteknikkollegiet vid Mittuniversitetet finns på båda campusorterna och driver utbildningarna *Civilingenjör i teknisk design (Svl)*, *Sportteknologi – högskoleingenjör produktutveckling (Ösd)*, *Additiv tillverkning – högskoleingenjör maskinteknik (Ösd)*, *Master by Research – sportteknologi (Ösd)* och *Internationellt magisterprogram i additiv tillverkning*.

Magisterprogrammet hade, vid detta projekts början, inte ännu startat.

Magisterprogrammet ges på engelska, både på campus- och distans, varför det uppstått ett starkt behov att kunna erbjuda laborativa moment på distans. Det har från början funnits en målsättning att erbjuda så mycket som möjligt av magisterprogrammet på distans utan campusnärvaro och därför riktade vi in oss på distansanpassning av laborativa moment även om vi inte utesluter campusträffar helt. I tillägg till det nya magisterprogrammet har vi sett behov av effektivisering och pedagogisk utveckling i de laborativa momenten, både på högskoleingenjörsprogrammen och civilingenjörsprogrammet.

Målet med detta utvecklingsprojekt var att implementera teknikstöd i laborativa moment för att möjliggöra laborationer på distans och hybridform. Syftet går att dela in i följande önskvärda effekter:

- Minskade kostnader genom att effektivisera undervisningen
- Ökad kvalitet genom ökat lärande bland studenterna
- Ökat söktryck genom attraktivare utbildningar

Metod

I detta projekt valde vi ut följande tre delar med laborativa inslag:

1. Elektronstrålesmältning: Virtuellt demonstration – Laborativt moment i kursen *MT035A Additiv tillverkning i metall*, 7,5 hp.
2. a) Workshop inom Climate Fresk och b) laboration i livscykelanalysprogramvara – *MT036A Additiv tillverkning och hållbarhet*, 7,5 hp.
3. Hybridundervisning och andra blandade lärmiljöer i datorstödd konstruktion – Utveckling av lärmiljön i kursen *MT064G Datorstödd modellering II*, 7,5 hp.

Del 1 och 2 ingår i kurser på det *Internationella magisterprogrammet i additiv tillverkning* medan del 3 ingår i en kurs på programmen *Additiv tillverkning*

– *högskoleingenjör maskinteknik* samt *Sportteknologi* – *högskoleingenjör produktutveckling*. Urvalet gjordes utifrån en bruttolista innehållande 12 laborativa moment där de tre mest akuta behoven sållades fram: Del 1 och 2 har tagits fram inför höstterminen 2023 och del 3 inför vårterminen 2024.

Vi delade in respektive del i fyra olika arbetspaket där 1–3 ryms inom detta projekt:

1. Omvärldsanalys rörande laborativa moment på distans utifrån tidigare projekt på FUS/INFRA.
2. Implementering i tre laborativa moment:
 - a. Ta fram situationsanpassad pedagogik utifrån syfte och möjlig teknisk lösning.
 - b. Ta fram stöddokument/laborationshandledning.
 - c. Genomföra test.
 - d. Inrätta kursplansändringar.
 - e. Genomföra i skarpt läge.
3. Utvärdering.
4. Fortsatt utveckling och vidare implementering.

Resultat

Omvärldsanalys

I detta kapitel kommer intervjuer med kollegor att redovisas förutom just laborativa moment på distans utifrån tidigare projekt på FUS/INFRA.

Under 2022 engagerades ett par av kollegorna på ämnet, på initiativ från FUS och INFRA, i en mindre förstudie. Syftet var att testa ett alternativ kring *Remote Lab* som är dagens lösning för studenter att kunna logga in i datorsalar med lite mer specifika programvaror, och i Maskintekniks fall gäller det bland annat programvaror för datorstödd modellering och konstruktion. Via *Remote Lab* så upplever vissa att det går "seggt" och allra helst om man har en komplex 3D-modell som man behöver rotera, zooma etc. Den nya lösningen (CITRIX) som testades av lärare upplevdes som mycket bra vad gäller användarupplevelse, det gjordes försök både med program som kräver bra grafik, men även program som inte ställer det kravet. Ett uttalande var bland annat att det i princip inte var någon skillnad alls i responstid när man jämförde CITRIX med installationen som fanns på sin egen stationära dator. Testerna utfördes inom ramen för ett pilotprojekt på FUS men projektet fick ej medel för en fortsättning, så CITRIX har inte implementerats utan studenter är fortsatt hänvisade till *Remote Lab*.

I arbetet med att undersöka laborativa moment på distans har vi intervjuat två lärare på IT-avdelningen som har erfarenhet av att anpassa sina kurser till onlineformatet. Magnus Hummelgård har undervisat i basåret och modern fysik, och Amanda Mattsson har undervisat i kemi och energiteknik. Båda har använt sig av inspelade filmer som visar labbmomenten, samt interaktiva quiz och diskussioner med studenterna. De har också delat med sig av sina tips och utmaningar kring att skapa och använda digitala material för laborationer.

Magnus Hummelgård berättade att han tycker att enkla experiment fungerar bäst online, eftersom det är svårt att visa komplexa maskiner eller procedurer. Han spelade in en person som utförde labben, och sedan fick

studenterna göra en quiz parallellt med filmen. De fick också göra en förberedelsequiz innan labben, som de måste klara för att få tillgång till labben. Han sa att han är överlag positiv till upplägget, och att många studenter gillar flexibiliteten. Han rekommenderade att göra korta klipp, cirka fem minuter långa, och att använda ett gratisprogram som heter OBS Studio för att styra scener när man spelar in. Han har också lagt upp flera av sina filmer på Youtube, där man kan se exempel på mekanik, mikroskopi och SEM.

Amanda Mattsson berättade att hon under hösten 2020 hade labbar på distans i kursen kemi och energiteknik. Hon spelade in labbarna och hade sedan ett interaktivt tillfälle med studenterna där de tillsammans "gjorde" labbarna med hjälp av filmerna. Hon sa att inspelningarna var inte alls avancerade, utan bara beskrev vad som hände i labben. Dessa filmer har även använts senare för studenter som missat labbarna på plats. Hon nämnde också att Olof Björkqvist, som undervisade i samma kurs, har jobbat mycket med olika tekniker, såsom quiz, för att få till moment i kurserna att fungera bra på distans. Hon tyckte att han hade spännande idéer att dela med sig av.

Elektronstrålesmältning: Virtuellt demonstration

Syftet med den virtuella demonstrationen är att möjliggöra för distansstudenter i kursen *MT035A Additiv tillverkning i metall*, 7,5 hp. (som tillhör det internationella magisterprogrammet i additiv tillverkning), att delta i en laboration där studenterna förvärvar färdigheter och förmågor att utföra en bygguppgift i pulverbaserade elektronstrålesmältning (PBF-EB). Laborationen omfattar olika stadier av byggprocessen: fil- och maskinförberedelse, bearbetning och övervakning, efterbearbetning av delar och analys av byggloggfiler.

Som bakgrund till detta utvecklingsprojekt, har en liknande laboration utförts den sista åren inom kursen *MT090G Tillverkningsteknik för additiva*

metoder, 7,5 hp, som läser studenterna från vårt campusbaserade program Additiv tillverkning – höskoleingenjör maskinteknik. Utmaningen med laborationen är att designa ett "hybrid" format där både distansstudenter (från kursen MT035A) och campusstudenter (några från MT035A och alla från kursen MT090G) kunde delta och bidra i de olika process stadierna.

När det gäller magisterkursen *MT035A Additiv tillverkning i metall, 7,5 hp*, är demonstrationen anpassat till kursens övergripande mål "att ge studenterna en omfattande förståelse för metoder för additiv tillverkning (AM) i metaller och dess legeringar", samt det specifika målet "att förbereda ett bygge för additiv tillverkning". Vad gäller kursen *MT090G Tillverkningsteknik för additiva metoder, 7,5 hp*, hjälper laborationen studenterna att "skaffa sig en djupare förståelse för additiv tillverkning i metall samt dess möjligheter och begränsningar", samt att "utföra beredning av en detalj för skärning och additiv tillverkning".

Situationsanpassad pedagogik

Eftersom huvudidén är att studenterna ska lära sig genom praktisk erfarenhet, utformades laborationen så att studenterna kunde förbereda, genomföra och analysera sitt eget "bygge" (print) med stöd från lärarna. Studenterna var direkt involverade i varje steg längs byggprocessen; 1. *Filpreparering* (CAD/val av delar, skalning, orientering, design av stöd, etc.); 2. *maskinförberedelse* (maskinenshårdvara, justering/kalibrering/inriktning av strålen, kalibrering av rakan, "build project"/"process themes", etc); 3. *Efterbearbetning av delar* (pulveråtervinning, delborttagning, stödborttagning); 4. *Procesövervakning*; och slutligen 5. *Analys av byggprocessen* (process stabilitet, analys av loggfiler, felanalys).

1. *Filpreparering*: I en "hybrid" Zoom-session, där läraren och campusstudenter satt i klassrummet och distansstudenter deltog via

Zoom, valdes CAD modellerna som skulle ingå i bygget, som sedan skalades, orienterades, och stödmaterial designades. Filerna segmenterades slutligen och byggfiler skapades.

2. *Maskinförberedelse*: Campusstudenter med hjälp av lärare gick igenom olika stadier av maskinförberedelse, pulver hantering och laddning samt kalibreringar. Varje steg dokumenterades i form av bilder och videor. En PowerPoint-fil togs fram, med all samlad information om maskinförberedelse, som laddades upp i Moodle direkt efter.
3. *Processövervakning*: Campusstudenter och lärare övervakade ständigt byggprocessen. Bygg inställningar och dess ändringar dokumenterades också i form av bilder och videor som togs längs byggprocessen. En PowerPoint-fil med information om byggövervakning skapades och laddades upp i Moodle direkt efter bygget.
4. *Efterbearbetning*: Med handledning av lärare tog campusstudenter bygget ur maskinen och efterbearbetade delarna med hjälp av pulverbearbetningssystemet (PRS), inklusive borttagning av stödmaterial och separering från byggplattan. Efterbearbetningen av bygget och delarna i dess slutliga kondition dokumenterades också i form av bilder. En PowerPoint-fil med information om efterbearbetning av delar och slutliga byggbilder skapades och laddades upp i Moodle direkt efter bearbetning.
5. *Bygganalys*: Detaljerade bilder på de efterbearbetade delarna och byggets loggfiler gjordes tillgängliga i Moodle, tillsammans med programvaran (LogStudio) som används för att läsa och plotta olika processparametrar (såsom byggtemperatur, rak-signaler, stråleströmmar, strålehastighet, etc). Ett dokument med 10 uppgifter kopplade till bygget, som inkluderar frågeställningar relaterade till tolkning av olika parametrar, identifiering och analysering av fel/problem i processen, och räkning på energi i visa stadier i processen, laddades upp i Moodle för studenterna att diskutera, analysera och besvara i grupper.
6. *Seminarium*: Ett digitalt seminarium via Zoom genomfördes, där studenterna (delade i grupper) delade med sig och diskuterade sina svar på de 10 utvalda uppgifter som lärarna hade ställt. Baserat på

studenternas svar och deltagande bedömdes studenterna (U/G) för respektive 2,5 hp.

Laboratoriets uppställning presenteras i tabellen nedan.

	1. Fil preparering	2. Maskin preparering	3. Process övervakning	4. Efterbearbetning	5. Byggsanalys	6. Seminarium
MT035A	Virtuell Zoom session	Virtuell Dokumenterade material	Virtuell Dokumenterade material	Virtuell Dokumenterade material	Gruparbete Dokumenterade material	Virtuell Zoom session
MT090G	Virtuell Zoom session	Hands-On	Hands-On	Hands-On	X	X

Stöddokument/laborationshandledning

PowerPoint, Word och kompletterande videomaterial med förklarande bilder som dokumenterar de olika byggstadierna skapades och laddades upp i Moodle (se bild nedan). Tanken är att detta material kan modifieras något inför kommande kurser så att mindre förberedelsetid krävs från undervisningsteamet.

Recorded lessons	
EBM Build Project	
 Log files and program	☒
 0-EBM Process Overview	☒
 1-Build files	☒
 2.1 -Prepare Machine	☒
 2.2 -Prepare Machine	☒
 2.3 -Prepare Machine	☒
 3-Build Project	☒
 4 - Process Monitor	☒
 5- Report Logs	☒
 6. Tasks	☒
 Video 1	☒
 Video 2	☒
 Video 3	☒
 Video 4	☒

Test

I det här utvecklingsprojektet fanns det ingen nödvändighet för ett test, då den föreslagna laborationen tillämpades direkt i kursen.

Kursplansändringar

För kursen *MT035A* inkluderades detta laboratorium redan från utformningen av kursplanen, vilket innebär att det inte kräver specifika ändringar i den. Seminariet, där svar på inlämnade frågor diskuteras i grupper, representerar 2,5 hp.

För kursen *MT090G* erbjöds laborationen som ett komplement av teorin för filförberedelse, och som en kompletterande aktivitet till den teoretiska delen för PBF-EB. Det ingår därför i examinationen som en del av den slutliga

tentamen (5 hp). Det kommer att diskuteras vidare inom lärarlaget om det är eventuellt lämpligt att skapa ett separat examinationsmoment kopplad till laboratoriet.

Genomförande

Generellt är lärarna överens om att genomförandet av laboratoriet och den virtuella demonstrationen funkade mycket bra. Trots logistiska utmaningar med att samordna studenterna i laboratoriet för att samtidigt utföra olika aktiviteter och dokumentera dem, särskilt under hårdvaru- och maskinförberedelsen före bygget, var alla studenter engagerade och deltog i processen. Möjligheten för studenterna att inkludera sina egna CAD-modeller i bygget var en extra motivation som studenterna uppskattade.

Det uppstod vissa tekniska problem i själva byggprocessen, relaterade till processens stabilitet och maskinens prestanda, vilket ledde till att bygget misslyckades vid ett par tillfällen. Detta användes av lärarna som underlag för att ställa frågor till studenterna, för att de skulle analysera och försöka hitta källor till problemen. En del av den analysen diskuterades slutligen vid det avslutande seminariet.

Det uppstått vissa problem med installationen av den programvara som användes för att visualisera och plotta loggfilerna (LogStudio). Dessa problem löstes snabbt; dock påpekade studenterna att en extra session med lärarna fokuserad på datavisualisering hade varit användbar. Denna input kommer att användas och en ny kort introduktionsföreläsning till LogStudio-programvaran kommer att inkluderas framöver.

Trots att de inte var närvarande på campus, engagerade sig distansstudenter i MT035A-kursen till laborationen och aktivt deltog i filprepareringsessionen, samt följde maskinförberedelse och byggprocessen genom att läsa, kolla på videor och analysera de olika dokument som delades på kurshemsidan. Fördelningen av studenter i grupper och det avslutande seminariet med diskussion om byggproblem och processparametrar var framgångsrik, med intressanta diskussioner mellan studenter och lärare.

Additiv tillverkning och hållbarhet

Workshop inom Climate Fresk

Workshopens syfte

Syftet med workshopen "Climate Fresk" är att möjliggöra för både campus- och distansstudenter i kursen MT036A Additive Manufacturing and Sustainability, 7,5 hp (som tillhör det internationella masterprogrammet i Additive Manufacturing), att delta i en digital aktivitet och arbeta tillsammans för att lösa uppgifter relaterade till klimatets orsak- och effektkedja.

Climate Fresk syftar till att göra klimatvetenskapen mer tillgänglig med hjälp av grafer och data från FN:s klimatforskare, IPCC. Workshopdeltagarna presenteras med kort som visar olika klimateffekter och måste arbeta tillsammans för att hitta orsakssambanden mellan korten. Hittills har mer än 1,2 miljoner människor världen över deltagit i en Climate fresk-workshop. Climate Fresk-metoden innebär inte att en expert presenterar information för gruppen; istället krävs det att alla deltagare tar en aktiv roll i uppbyggnaden av bilden och blir deltagande studenter. Workshopen fokuserar på att vägleda studenterna genom processen att koppla samman orsakerna till och effekterna av klimatförändringarna, i syfte att ge en förståelse för utmaningarnas systemiska natur.

Utmaningen är att leverera workshopen till både campusbaserade studenter och distansstudenter, och att säkerställa att lika deltagande är möjligt, oavsett teknisk nivå och tidigare kunskap om ämnet.

Situationsanpassad pedagogik

Det främsta målet med workshopen var att ge studenterna utrymme och tid att utforska orsak-verkan-kedjan genom att prova sig fram och diskutera.

För att alla deltagare skulle kunna delta på lika villkor, baserat på antalet deltagare (2 campusstudenter och 2 distansstudenter), beslutades att genomföra hela workshopen i ett onlineformat. Detta var en förändring från den ursprungliga planen att genomföra workshopen som blandat

lärande, eftersom det beslutades att gruppstorleken var tillräckligt liten för att endast ha en diskussionsgrupp, snarare än de två som ursprungligen planerades.

Stöddokument/laborationshandledning

För att genomföra workshopen på ett framgångsrikt sätt bidrog organisationen Climate Fresk med stöd i form av en facilitator. JW hade ett nära samarbete med facilitatorn både före och under workshopen,

Studenterna fick information om den internationella klimatpanelens (IPCC) rapporter att läsa i förväg, men detta var inte en förutsättning för att delta i workshopen.

En vecka före workshopen fick studenterna en länk till en "Mural", eftersom detta var det verktyg som valts för att arbeta digitalt med korten i uppgifterna. Syftet med detta var att låta eleverna bekanta sig med gesterna och funktionerna innan de gick in i den faktiska workshopen.

Inga andra stöddokument eller guider användes under workshopen, men länkar till användbara informationsresurser delades med eleverna efter workshopen.

Test

Eftersom en handledare med erfarenhet fanns tillgänglig för att hjälpa till med genomförandet av workshopen, genomfördes inget test i detta fall. När deltagandet i workshopen är klart är det möjligt att utbilda sig till facilitator, och detta var målet med denna första version av workshopen för JW.

Kursplansändringar

För kursen MT036A ingick denna workshop redan i utformningen av kursplanen, så inga specifika ändringar krävdes.

Ett problem som uppstod var att workshopen inte var en obligatorisk del av kursen ur ett bedömningsperspektiv, vilket tyvärr innebar att

deltagandet var mycket lägre än förväntat. Detta kommer att åtgärdas för nästa kurstillfälle genom att 1hp av de totala kurspoängen tilldelas deltagande, och en alternativ övning som rör IPCC-rapporterna erbjuds om studenterna inte kan delta på den angivna dagen.

Genomförande

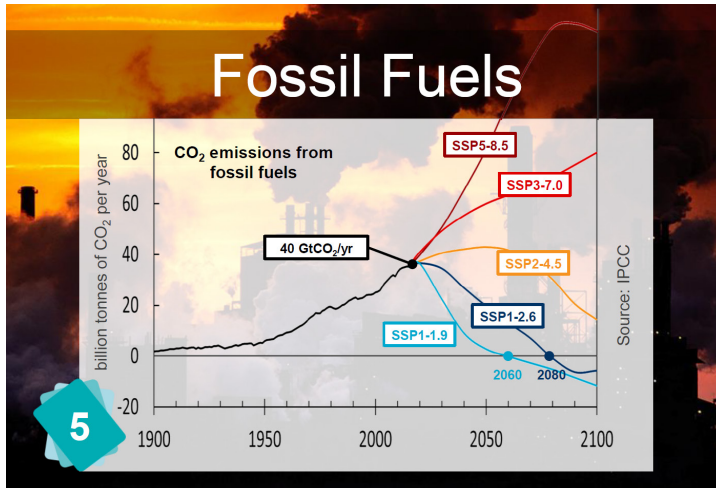
Workshopen ägde rum den 14 september, kl. 9-12. Sessionen var tre timmar lång och hade en paus.

Uppgifterna var uppdelade i 5 delar. I varje del visades ett urval av kort, (se Figur 1 för exempel innehåll) som alla innehöll information och data som rörde en specifik miljöfråga, för eleverna. Miljöfrågan på vart och ett av dessa kort måste sedan diskuteras av studenterna och arrangeras på MURAL för att visa orsak och verkan mellan frågorna. När eleverna var klara fick de förklara sina resonemang för facilitatorn och läraren, som vägledde dem mot rätt placeringar samtidigt som de uppmuntrade till djupare reflektioner.

Denna process upprepades med ytterligare kortval, tills alla 42 spelkort hade placerats korrekt (Figur 2).

Alla deltagande studenter engagerade sig aktivt i uppgifterna och aktiviteterna och ställde många relevanta frågor. Studenterna fyllde sedan i sett feedbackformulär, som visade att aktiviteten mottogs positivt.

Figur 1: Exempel på ett kort och relevant information (front and back side)



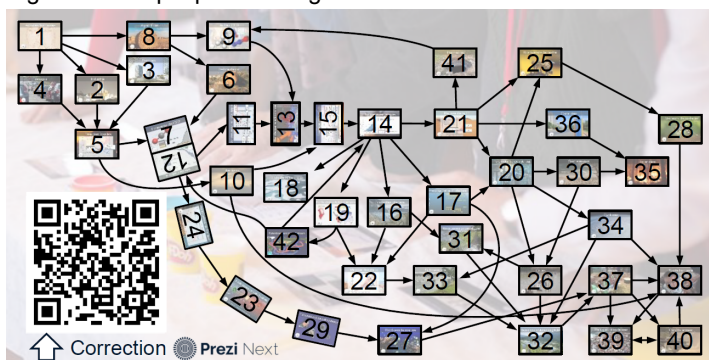
5


 www.climatefresk.org

Fossil fuels are coal, oil and natural gas. They are used mainly in buildings, transportation and industry. They emit CO₂ when burned.

Set 1

Figur 2: Exempel på ett färdigt kortnätverk



Diskussion

Elektronstrålesmältning: Virtuellt demonstration

Uppnåddes målen?

Huvudmålen med den virtuella demonstrationen uppnåddes, då var det möjligt för distansstudenterna att delta i laborationen och att förvärvar färdigheter och förmågor att framgångsrikt utföra en bygguppgift i pulverbaserade elektronstrålesmältning (PBF-EB). Studenterna fick en omfattande förståelse för processen och dess stadier, och kunde analysera och dra slutsatser i, exempelvis, process- och maskinparametrar och deras inverkan på byggets slutliga kvalitet. Dessutom, de problemorienterade uppgifterna som diskuterades vid det avslutande seminariet gjorde möjligt för studenterna att analysera och reflektera över olika tekniska frågor och praktiska utmaningar som uppstår under ett bygge vid ett labb eller industri real miljö.

Minskade kostnader genom att effektivisera undervisningen

Utvecklingen av detta laboratorium har 3 effekter på effektivisering av undervisningen:

7. Den "hybrida" uppställningen som föreslås möjliggör samläsning mellan två kurser (MT035A och MT090G); vilket resulterar i minskningen av timmarna (3 lektioner i MT090G + tid för förberedelsen).
8. Seminariets format, där studenterna leder en diskussion kring de inlämnade frågorna relaterade till bygget, underlättar lärarnas inblandning, eftersom det inte krävs förberedelse i förväg och rollen är mer att moderera diskussionerna.
9. Materialet och dokumentationen som skapades utformades så att det kan återanvändas till 80%; där endast små ändringar behöver göras när olika byggen utförs varje gång. Detta innebär mindre förberedelsetid för lärarna i framtiden.

Ökad kvalitet genom ökat lärande bland studenterna

Upplevelsen av att designa, tillverka och efterbearbeta egna delar i elektronstråle-pulverbäddsfusion har varit avgörande för studenterna, inte bara för att förstå de teoretiska begreppen som är involverade i processen, utan också för att förvärva praktiska färdigheter och förmågor att driva ett metalltillverkningssystem, övervaka byggprocessen och analysera samt hantera tekniska problem som uppstår.

Ökat söktryck genom attraktivare utbildningar

Vi anser att det praktiska arbetet som utvecklats för det virtuella EBM-laboratoriet aktivt bidrar till att öka attraktiviteten för båda programmen *Additiv tillverkning – högskoleingenjör maskinteknik (Ösd)* och *Internationellt magisterprogram i additiv tillverkning*. Studenterna har visat stort intresse, entusiasm och engagemang, särskilt på grund av möjligheten att designa och skriva ut sina egna delar och objekt. Detta bör lyftas fram vid marknadsföringen av programmen.

Additiv tillverkning och hållbarhet

Uppnåddes målen?

Målen för workshopen uppnåddes delvis. Själva workshopen var framgångsrik, men det låga deltagandet innebar att endast hälften av de studenter som slutfört hela kursen hade deltagit.

När det gäller att uppfylla lärandemålen slutförde de deltagande studenterna framgångsrikt workshopuppgiften och visade en bättre allmän kunskap om sammanlänkade klimatrelaterade frågor i sina andra examinerbara moment än studenter som inte deltog.

Minskade kostnader genom att effektivisera undervisningen

Workshopen genomfördes utan några extra ekonomiska kostnader. Under tre timmar fick studenterna en fullständig bakgrund till sambandet mellan olika klimateffekter, vilket är tidseffektivt både ur ett lärar- och studentperspektiv, eftersom det skulle ta lika lång tid att täcka materialet ur ett undervisningsperspektiv.

Ökad kvalitet genom ökat lärande bland studenterna

På grund av den interaktiva karaktären antogs det att studenterna kommer att minnas ämnet bättre än om samma information hade levererats på ett traditionellt sätt. Detta bevisades delvis genom att lärandemålen uppfylldes, de deltagande studenterna slutförde framgångsrikt workshopuppgiften och visade en bättre allmän kunskap om sammanlänkade klimatrelaterade frågor i sina andra examinerbara moment än studenter som inte deltog.