

Design Spine: Modell för attraktiva och inkluderande framtida ingenjörsutbildningar

Åsa Wikberg Nilsson, *Industriell design, Luleå tekniska universitet*

Abstract— Syftet med den här artikeln är att utforska en 'design spine', en ryggrad av designprojektkurser, som ett ramverk för att utveckla studenters professionella, personliga, tvärvetenskapliga, normkritiska, etiska och sociala kompetenser samt för att göra ingenjörstudier mer attraktivt och inkluderande. Artikeln bygger på litteraturstudier om design och inkludering, en omvärldsanalys av designbaserat lärande, samt intervjuer med studenter på utbildningen Teknisk design LTU för att utveckla förståelse för deras upplevelser av attraktivitet och inkludering i utbildningen. Det finns en mängd drivkrafter till förändring av högre utbildning, industrins behov av personer som kan tillämpa användarcentrerad innovation och agila metoder, snabb teknisk utveckling, informationsöverflöd och föränderlig arbetsmarknad, där initiativ som ex. CDIO och ABET syftar till att alternativa utbildningsformer. Ett designbaserat lärande omfattar ofta ett medskapande med andra personer och att lära genom att delta i sammanhang och aktiviteter som studenterna annars inte skulle kommit i kontakt med. Allt fler universitet och högskolor använder sig av design thinking som en metod för att utveckla studenters kunskaper och förmågor i vad som kan beskrivas som ett designbaserat lärande. Efterfrågan av studenter som kan arbeta utifrån designtänkande kommer från näringsliv och organisationer. Behovet av designtänkande för framtidens ingenjörer kan beskrivas som att alltför många ingenjörsområden fokuserar på ett nuläge och inkrementell utveckling, men för att skapa kraftfulla och effektiva framtida lösningar bör fokus istället vara att utbilda personer som kan ställa frågor, experimentera, prototypa och samarbeta med en mängd olika intressenter. En slutsats är att implementeringen av en 'design spine' har möjlighet att bidra till en utveckling av ingenjörstudier, bort från uppdelning i teori och praktik mot en mer integrerad utbildning. En 'design spine' skulle även bidra till att studenterna tränar och får erfarenhet av en mängd projekt och ges möjlighet att utveckla och öva den betydelsefulla designkompetensen vid flera tillfällen.

Index Terms—Design, design thinking, design spine, inkluderande och attraktiv ingenjörstudier

I. INTRODUKTION

FOKUS i den här artikeln är att utforska en s.k. 'design spine' som ett tänkbart ramverk för att utveckla studenters förmågor att ta sig an framtidens komplexa problem samt att göra ingenjörstudier mer inkluderande och attraktivt för olika studentgrupper. De huvudsakliga frågor som utforskas är vad en 'design spine' skulle bidra med och hur kan det kan implementeras i ingenjörstudier.

Idag är det närmast en självklarhet att människor använder teknik på olika sätt i vardagen, samtidigt som ingenjörstudier inte längre är så attraktiva som de borde vara. Enligt SCBs beräkningar kommer det att saknas ca 50 000 ingenjörstudier år 2030 [1]. En orsak kan vara att det inte finns en tydlig bild av ingenjören, dvs. den eller de personer som utvecklat de produkter, system eller den teknik som idag finns nästan överallt omkring oss dagligen [2]. Det finns även en föreställning om ingenjörsvärdet som något för män vilket kan bidra till att en del kvinnor inte ser det som attraktivt [3].

Det finns idag många drivkrafter till förändring av högre utbildning. En är att den sägs stå inför en mängd utmaningar, där inte minst den snabba tekniska utvecklingen, informationsöverflöd och en arbetsmarknad i ständig förändring är något som universiteten behöver möta på ett strategiskt plan [4]. Det kan exempelvis innebära alternativ till den mer traditionella utbildningsformen med i huvudsak teoretiska kurser [5]. Det finns en mängd initiativ för att åstadkomma förändring av ingenjörstudier. Exempel är CDIO, ett ramverk som initierades utifrån industrins behov av personer som praktiskt kan tillämpa sina kunskaper och förmågor [6]. Ett annat är ABET som ackrediterar universitetsutbildningar inom STEM [7]. Kriterierna inom ABET sägs medföra ett ökat fokus på att utveckla muntliga och skriftliga förmågor, samarbetsförmågor samt lärare som engagerat sig i att utveckla och införa aktiva läroupplevelser såsom grupparbeten och projekt [8]. Behov av förändring av ingenjörstudier beskrivs som mer professionella, personliga, tvärvetenskapliga, etiska och sociala förmågor [8] [7] [9].

Ingenjörstudier kan kort sägas handla om att utbilda studenter som kan ta sig an framtidens utmaningar både gällande teknik och samhälle i stort, där varje ingenjörstudie ursprungligen formades som svar på behov av de kunskaper och förmågor som var nödvändiga för samhällets utveckling [10]. Ett förändrat näringsliv och en förändring av yrkesmässigt ansvar och uppgifter för dagens ingenjörer har dock påkallat ett behov av utexaminerade studenter som har en kombination av professionella och tekniska förmågor [11] [12]. Det finns även en snedfördelning i vem som attraheras av olika ingenjörstudier. Snedfördelning i utbildningar kan ses som ett problem i flera nivåer: för individer som missar möjlighet till utveckling och självförverkligande, för universitet

och högskolor som missar potentiella begåvande studenter och forskare och för arbetsgivare som går miste om möjligheten att rekrytera bland en mångfald av personer med bäst förutsättningar och fallenhet [13].

Enkelt uttryckt kan ingenjörsutbildning i bred bemärkelse delas in i två olika paradigmer: dels den tekniskt rationella ingenjörsvetenskapen som utgår från krav och funktion och dels den reflekterande designpraktiken som utgår från behov och användarupplevelse [14]. En utgångspunkt i den här artikeln är att dessa två paradigmer representerar olika sätt att ta sig an lärande, problemlösning och utvecklingsarbete, att de på olika sätt bidrar till nytänkande och innovation, och även att paradigmen i sig attraherar olika studentgrupper exempelvis i form av kvinnor och män.

Artikeln bygger på litteraturstudier kring design + design thinking, genus + jämställdhet + normkritik, en begränsad omvärldsanalys av designbaserat lärande baserat på sökorden design spine, education, samt en intervjustudie med studenter i utbildningen Teknisk design LTU [15]. Intervjuerna syftade till att utveckla förståelse för deras upplevelser av attraktivitet och inkludering i utbildningen och dess kurser samt deras upplevelse av kompetenser de utvecklat under utbildningen.

II. DESIGN

En utgångspunkt i denna artikel är att design borde vara en karakteristisk kompetens för en ingenjör. Det sägs exempelvis att ingenjörsutbildning ska bidra till att utbilda studenter som kan designa effektiva lösningar som möter samhällets behov [5]. Inom CDIO ramverket påtalas vikten av att utbilda ingenjörer som kan *conceive-design-implement-operate* [6]. Trots detta är det få inom ingenjörsutbildning som tycks kunna artikulera vad kompetensen att designa faktiskt innebär [16].

Design förknippas ibland felaktigt endast med färg och form men innefattar egentligen så mycket mer. Design omfattar gestaltning, funktion, tillverkning och i slutändan det värde, och den upplevelse, lösningen bidrar till användaren [17]. I detta perspektiv är kärnan i designprocessen att genom att identifiera användarbehov, gestalta, prototypa och testa nå insikter som informerar designprocessen och i slutändan resulterar i en lösning som löser ett problem på ett välgörande, attraktivt, inkluderande och meningsfullt vis.

Inom designområdet finns en mängd riktningar som använder sig av begreppet design och processen att designa på olika sätt. Design kan exempelvis ses som skapande av artefakter, vilket kan länkas till Simons beskrivning av en 'Science of the artificial' [18]. Simon såg aktiviteten att designa som en kognitiv process, omfattande kreativt tänkande kring problem som resulterar i lösningar. Simon menade att detta kräver en process som istället för att utgå från hur saker och ting är (what is), kreativt utforskar hur det skulle kunna vara (what if).

Schön [19] motsatte sig den tekniskt-rationella paradigmet och menade att även om Simon ansåg sig fylla gapet mellan naturvetenskap och en designpraktik med en 'science of design' kan den endast appliceras på välformulerade problem som har extraherats från situationens komplexitet. Schön beskrev

istället design som en reflekterativ praktik. Han ansåg att den reflekterande processen kring artefakten och dess användning i en viss kontext, leder till iterationer och vidareutveckling och även designerns ökade förståelse och kunskap om vad lösningen behöver klara av [20].

Design kan även ses som problemlösning, vilket kan härledas till Rittel och Webber's beskrivning av 'wicked problems' [21] och hur de kan bemötas. Ett 'wicked problem' är enligt dem ett komplext problem som har många beroenden, ofullständig eller motsägande information och föränderliga förhållanden. Buchanan kopplar detta till ett behov av att förstå problemet i sin kontext, genom användarens perspektiv, för att kunna utveckla lösningar med värde [22]. Designproblem beskrivs till sin natur kräva en kombination av konvergent och divergent tänkande, då inte finns ett reellt samband mellan behov, krav och intentioner och en viss form på en produkt eller dess användning utan förståelsen behöver utvecklas via en mängd iterationer [23].

Ytterligare en riktning är den som ser design som en i huvudsak meningsskapande aktivitet, där exempelvis Cross, [24], Lawson [25], Norman [26] och Krippendorff [27] på varierande sätt beskriver olika metoder för att observera vad designers gör eller hur användare interagerar med produkter som insikter för att utveckla både mer meningsfulla processer och produkter.

God design beskrivs som självklar och enkel [28], vilket kanske är anledningen till att det är så svårt att åstadkomma. Det finns ingen fördefinierad modell eller vissa aktiviteter som garanterar god användarupplevelse, teknisk potential och ekonomisk framgång. Design anses även av den anledningen vara ett av de svåraste ämnena att lära ut [29]. Att lära genom design beskrivs dock som en god pedagogik för kunskapande [30], eftersom det omfattar möjligheten att arbeta med komplexa uppgifter inom ett reellt och meningsfullt sammanhang [31].

Designprocessen är som tidigare nämnts till sin natur iterativ, där lösningar skapas via utforskande med stöd i skisser och materiella prototyper och genom att idéer formuleras och omformuleras i flera iterativa cykler [20]. Ett designbaserat lärande omfattar ofta ett medskapande med andra personer och att lära genom att delta i sammanhang och aktiviteter som studenterna annars inte skulle kommit i kontakt med. Det innebär ett socialt lärande som även utmanar vem som kan bidra till och med kunskap i olika sammanhang [32].

Lärrollen i designbaserat lärande är generellt att fungera som handledare, organisatör och för support under arbetets gång, exempelvis genom att skapa en atmosfär som uppmuntrar studenterna att testa och utforska. Thomas och Brown menar att en sådan läroprocess även kan innebära att studenterna är experter eller lärare under processen, samt att mångfalden av olika personer, erfarenheter, bakgrund och kunskaper bidrar till teamets styrka och framgång [32]. Designstudenten får vanligen ägna en mängd energi åt att förstå vissa aspekter som en erfaren designer vanligen har internaliserat till det som beskrivs som lärt och erfaret 'tacit kunskande' [33]. Det finns dock stöd för hur en designpedagogik kan implementeras,

exempelvis genom att gradvis bygga upp studenternas kunskaper och erfarenheter genom att ge dem principer att arbeta efter och aktiviteter att ta sig an i projektform. Drefys menar att expertis kan nås genom progression utifrån en femstegs-modell som går från novis där läraren förbereder projekt med väl avgränsade och hanterbara delar samt stödjer processen med steg-för-steginstruktioner, till expertis, där studenten utvecklat förmåga att göra mer subtila val och bedömningar vilket kräver erfarenhet från en mängd projekt och genomföranden [34]. I expertissteget ska studenten även kunna inse konsekvenser av olika val och motivera dem. En sådan taxonomi för lärande kan stödja lärare i utformning av designbaserade projekt samt utformning av kriterier för vilken kompetens studenten ska visa från första till sista kursen i utbildningen.

III. EN MODELL FÖR DESIGNTÄNKANDE

Design thinking (DT) är en modell bestående av en kombination av metoder från både ingenjör- och designområdet, kombinerat med idéer från konst, verktyg från samhällskunskapen och insikter från affärsvärlden [35]. Brown beskriver DT som en systematisk process med människan i centrum som syftar till att skapa värde i användarupplevelsen och samtidigt skapa tekniskt möjliga och ekonomiskt livskraftiga lösningar [35]. Organisationer implementerar idag DT för att skapa nya produkter och tjänster med ökat värde [36] [37] (Ordanini & Parasuraman, 2011), samt för att anamma en kontinuerlig innovationsstrategi [38].

Allt fler universitet och högskolor använder sig av design thinking som en metod för att utveckla studenters kunskaper och förmågor i vad som kan beskrivas som ett designbaserat lärande. Efterfrågan av studenter som kan arbeta utifrån designtänkande kommer från näringsliv och organisationer [36]. Behovet av designtänkande för framtidens ingenjörer kan beskrivas som att alltför många ingenjörsområden fokuserar på ett nuläge och inkrementell utveckling, men för att skapa kraftfulla och effektiva framtida lösningar bör fokus vara att utbilda personer som kan ställa frågor, experimentera, prototypa och samarbeta med en mängd olika intressenter [35]. Motiven för designtänkande i ingenjörsutbildning kan därmed sammanfattas som behov av ökad kreativitet och innovation, behov av mer prövande och utforskande tillvägagångssätt samt ökad förståelse för, och förmåga att anta, komplexitet, vidare utvecklat i kommande stycken.

Design thinking är kreativt och innovativt genom att det omfattar utvecklandet av radikalt nya lösningar. Det är inte längre nog att sikta mot att bli lite bättre enligt en Six Sigma modell eller liknande, designtänkande syftar snarare mot radikal än inkrementell innovation [36]. För att skapa något nytt krävs utveckling av ny kunskap och lärande inom en rad områden, ofta i dialog med en mängd andra personer [39]. Det kräver ett kritiskt förhållningssätt av att analysera och att syntetisera ny kunskap till nya kreativa lösningar [40].

Designtänkande innebär ett prövande förhållningssätt, eftersom iterationer av idéer, prototyper och tester innebär

vidareutveckling i flera steg [39]. Iterationerna innebär därmed en kontinuerlig utforskning av alternativ och deras representation och därmed en fördjupad förståelse av både problem och lösningar. Den prövande metodologin i DT innebär en omformulering av lärandemål, där exempelvis prestanda, produktivitet och kortsiktighet väljs bort till förmån för utveckling av kompetenser som att lära genom misstag, långsiktiga mål, reflektion, samarbete, möjlighetssökande, experimenterande och utforskning med stöd av agila metoder [36].

En utgångspunkt i DT-modellen är aktiviteter där interdisciplinära team tar sig an olika problem-orienterade aktiviteter genom att först utveckla empati för användaren och hans situation [16]. Det innebär observationer och olika former av etnografisk utforskning genom att se, lyssna, diskutera och söka förståelse [36]. Det i sin tur bidrar till tidigare beskrivna behov för ingenjörsutbildning som ökat behov av professionella, personliga, tvärvetenskapliga, etiska och sociala förmågor [8] [7] [9].

Design thinking är komplext i och med utveckling av empati för användaren, förståelse för kontexten och utveckling och test av möjliga representationer leder vidare i banor som inte kan förutses i förväg [22]. DT kan sägas använda olika strategier från olika områden som exempelvis dekonstruktion [41] eller hierarkisk de-komposition [18] eller djup förståelse för designsituationen [42] för att möta komplexiteten på ett konstruktivt vis. Brown beskriver själva syftet med design thinking som att komma på lösningar till riktigt komplexa problem, genom att lära individer att bli förändringsbenägna personer som älskar att ta på sig nya utmaningar [35]. Brown påtalar även att människor inte föds till kreativa problemlösare, de måste lära och lära om genom att ständigt pröva nya saker och genom att lära av varandra [35]. En viktig aspekt i designtänkande är därmed betoningen på användarens upplevelse, vilket bär en betydelsefull skillnad mot traditionell ingenjörspraktiks fokus på teknikens funktion. Det innebär i sin tur en systemapproach där flera discipliner behöver finnas med för att uppnå innovationen [35].

Utley betonar att DT inte bör vara en rigid stabil modell utan är tänkt att kunna omformas för olika ändamål [43]. Tillvägagångssättet inom design thinking innebär ett gemensamt språk vilket medger möjligheten att fokusera på hur något görs och en förståelse av varför, snarare än av vad som görs [43]. Nyckeln till design thinking är därmed inte modellen i sig, utan att utveckla studenternas kunskap och förmågor att agera med mod, handlingsfrihet och kreativt självförtroende [43].

IV. INKLUDERANDE INGENJÖRSUTBILDNING

Det har under årtionden gjorts en mängd olika insatser för att förändra snedfördelningen inom tekniska utbildningar och yrken, vilket i bästa fall resulterat i mindre tillfälliga öknings av antalet kvinnor [44]. Insatserna sägs ha en felaktigt ställd fråga, exempelvis varför så få kvinnor väljer tekniska utbildningar, istället för att efterfråga vad som är, eller inte är, teknik [44]. Samhällets uppdelning i mjuka kvinnliga och hårda

manliga yrken resulterar därmed enligt detta perspektiv i en rollkonflikt där tekniska yrken inte blir ett alternativ för många kvinnor. Om förändring ska ske krävs därmed en breddad bild av all teknik inom olika områden som finns omkring oss och en förståelse av den exkludering som ibland sker av människor som utvecklar och använder densamma [45]. Det bör inkludera en introduktion i normkreativ innovation för att visa hur lösningar kan utvecklas för att inkludera olika behov för en mångfald av människor [45].

Teknisk design LTU har ända sedan starten 1984 lockat i stort sett lika många kvinnor som män. Programmet har en blandning av kurser inom maskinteknik och produkt- och produktionsdesign och syftar till att utbilda kreativa och nytänkande studenter med fokus på hållbar utveckling med människan i centrum. Utbildningsområdet teknisk design, med dess variationer i form av design och produktutveckling, innovation och design etc., kan generellt sägas vara relativt attraktivt bland civilingenjörprogram. För att ta reda på faktorer som har bidragit till att just kvinnliga studenter sökt sig till Teknisk design, vad de upplever som attraktivt och vad de upplever som hinder och möjligheter med ett ingenjörprogram gjordes en mindre studie i form av intervjuer av studenter vid programmet på LTU.

De studenter som intervjuades för studien uppger att de lockats till utbildningen just på grund av begreppet design, och det som de beskriver som blandningen mellan mjuka designkurser och hårda maskinkurserna. Just dessa studenter menar att de aldrig haft tanken på att söka sig till en rent maskinteknisk utbildning men att de efter att ha läst kurser inom det området fått en större förståelse och insikt för vad det innebär och lärt sig uppskatta dessa inslag. En student uttryckte dock att programmet innehåller många fler ”maskinkurser” än vad hon förväntat sig. Samtidigt beskrev hon det som något positivt, att hon inte skulle läst dem om hon inte varit tvungen, men nu kom de med ”på köpet”. Alla studenterna uppger att ”maskinkurserna” bidragit positivt, de har haft låg förväntan på dem men ändå ansett att det varit värdefulla för deras utbildning.

Begreppet ingenjör anser de intervjuade som relativt abstrakt. De beskriver det som stabilt och tryggt att Teknisk design är ett civilingenjörprogram och att de inte heller tänkt tanken att söka sig till ett program med enbart design. En student uttrycker det som det var lika bra att ta i ordentligt, få valuta för pengarna, och bli civilingenjör. När de får frågan vad en ingenjör egentligen är har de svårt att svara, de identifierar sig själva som designingenjörer, inte ingenjörer. De associerar begreppet ingenjör bland annat till ”någon som bygger en hel lastbil själv”, ”en gammal gubbe”, ”våldigt nördigt”, ”manligt”, ”en väldigt smart person” och ”någon som håller på med tekniska prylar”. Deras associationer stödjer även bilden av ingenjörssyrket och teknikområdet som manligt kodat [46] [47] [3] [2].

Framgångsrika förebilder är något studenterna efterlyser, för att få en större förståelse för vad man kan arbeta med efter avslutad utbildning. Fler lärare som är kvinnor i utbildningen och att lyfta fram alumner som är kvinnor anser de skulle bidra

till attraktiviteten i civilingenjörutbildningar överlag. Kvinnliga förebilder inom teknikområdet anses även kunna förändra bilden av tekniken som ett manligt gebit [3] [48].

Som svar på frågan om de anser att de skulle behandlas annorlunda av kvinnliga lärare svarar de först nej, men efter lite fundering uttrycks det som att kvinnliga lärare inte utmärker de kvinnliga studenterna på samma sätt. De anser att de blivit särbehandlade av flera manliga lärare. I maskinkurser menar de att vissa lärare förtar glädjen med kursen eftersom de förutsätter vissa förkunskaper som inte beskrivs i kursplaner. En intervjuad student på Teknisk design beskrev det som att: ”jag har velat plocka i en växellåda sedan jag var liten, men lärarna sätter fördomarna, teknik är inte för tjejer. De vänder sig bara till killarna, förutsätter att vi inte kan. Killarna i vår klass frågade varför vi inte sa till, men man måste välja tillfälle när man ska göra det, annars skulle man ju inte få göra annat!”. En reaktion på den manliga kulturen uttryckt av en kvinna kan slå fel, eftersom det innebär en betoning av just kvinnligheten och riskerar därmed att fastslå en icke-tillhörighet i teknikområdet [48]. Av den anledningen blir en vanlig reaktion att inte bry sig eller att vänja sig. Studenterna uppgav även att de upplevde det besvärligt att lärarna uppmärksammade dem som kvinnor i kurserna, de menade att det visat på fördomar snarare än inkludering. En student på Teknisk design uttryckte det som att ”jag skulle vilja ändra på attityden mer än innehållet”.

De traditionella maskiningenjörskurserna var de kurser som ansågs som svårast och det var också i dessa kurser de upplevde att kvinnor utmärktes som grupp av lärarna. De beskrev att alla exempel kom från bilar, maskiner, verktyg och axlar, samt att det förutsattes att alla visste vad det talades om. Deras resonemang stödjer att exempel bör hämtas från det som studenterna själva har erfarenhet av, många studenter har idag inte mekat i en bil, och att en breddning av exempel kan behövas [44] [48].

En student uppgav att hon anser att civilingenjör i teknisk design är ett bra yrke för framtiden: det kommer alltid behövas personer som kan ta fram nya produkter. En student uppgav att den spännande och breda kombinationen med teknik/ingenjörsvetenskap och design var det som attraherade. Just kopplingen till en mänskligare teknik, att göra tekniken tillgänglig och användarvänlig samt att visa på den bredd i områden som faktiskt använder sig av teknik ansåg de vara attraktivt.

Utbildningens blandning av den kreativa sidan med att skissa på ’galna’ idéer och den tekniska sidan som säkerställer att faktiskt kunna genomföra idéerna ansågs bra. Studenterna ansåg att de har utvecklat en bred kompetens bestående av både ingenjör- och designtänk, har ett stort fokus på människan/användaren och en bred kompetens i att arbeta självständigt i team.

V. ‘DESIGN SPINE’

Ingenjörutbildning kan generellt ända sedan 1950-talet sägas bygga på den så kallade ’Grinter-modellen’, vilken förutom att påtala att den ska utbilda män, kort innebär att utbilda ingenjörer med en solid bas, s.k. ’cornerstone’ kurser

inom naturvetenskap och matematik [49]. Vanligen avslutas utbildningen med en designprojekt-orienterad 'capstone' kurs, i vilken studenterna till slut ska praktiskt tillämpa den teoretiska kunskap de lärt under de tidigare åren [50]. Det kan ses som motsägelsefullt att examinera ingenjörskompetensen att designa med så liten praktisk erfarenhet av vad det faktiskt innebär, vilket även var en grund för CDIO ramverkets utveckling [6]. Således kan det tolkas som att design behöver ägnas mer intresse inom ingenjörsutbildning.

Utbildningar inom teknisk design (industrial design engineering) skapades för att utbilda studenter med designkompetens både inom tekniskt-funktionellt och inom estetiskt-användarvänligt [14]. Ytterligare en aspekt i integrering av design i ingenjörsutbildningar är möjligheten det innebär för en breddad målgrupp. Snedfördelningen inom ingenjörsutbildningar presenteras i Sverige exempelvis av Elektroteknik 19% kvinnor och Maskinteknik 27 % kvinnor, jämfört med Arkitektur som attraherar 66% kvinnor och Teknisk design ca 40 % kvinnor [51] [52] [53]. I Sverige resulterade detta år 2016 i en regeringssatsning på att motverka könsbundna studieval, utveckla undervisningens form och innehåll, främja jämställda karriärvägar, främja jämställd resursfördelning samt att utveckla utvärdering och uppföljning av aktiviteter på landets universitet och högskolor [54].

Ett led i att arbeta med utbildningens innehåll och form kan vara att implementera en s.k. 'design spine', en serie av kurser som kan bidra till att utveckla kompetenser inom ex. kreativt tänkande, hållbarhet, problemlösning, samarbete, project management, kommunikationsförmåga, normer, etik och andra sociala och kulturella faktorer. Dessa kurser kan även kopplas till de mer traditionella ingenjörsvetenskapskurserna antingen via material eller innehåll och på så sätt bidra till progression av studenternas specifika ämneskunskaper.

VI. OMVÄRLDSANALYS

Stevens Institute of Technology menar att traditionell ingenjörsvetenskap tenderar att uppmuntra ett tankesätt av att söka tekniska lösningar inom den egna specifika ingenjördisciplinen, med liten respekt för den kontext som produkten, systemet eller tjänsten ska användas, samt de sociala eller affärsmässiga behov den ska uppfylla [55]. En 'design spine' kan i detta perspektiv bidra till att utveckla studenternas förmåga att ta sig an komplexa problem i en global socio-ekonomisk kontext. Arizona State University, School of Engineering, har implementerat ett 'design spine curriculum', bland annat med syfte att bidra till mer aktiva lärupplevelser, engagera tidigt i utbildningen, motivera till lärande inom området, utveckla studenternas entreprenörskap, öka deras globala förståelse, öka deras förmåga att fokusera på problem snarare än lösningar [56].

University of Indianapolis har utvecklat en 'design spine' för att ge unika multidisciplinära upplevelser som fokuserar på kreativitet, kritiskt tänkande, problemlösning, socialt ansvar, kommunikation, organisation och project management [57]. University of Portland beskriver att en 'design spine' för dem

inneburit en effektiv undervisningsmodell [58]. De anser att även om varje kurs som integrerar 'design spine' inte behandlar alla aspekter av design, har varje del inneburit ett viktigt bidrag till studenternas lärande.

Wiesche [59] beskriver hur de implementerat fyra dimensioner av design thinking som de anser bör ingå i varje kursplan som anammar designbaserat lärande. Fritt översatt innebär det att arbeta med 1) *generative* som kunskapande inom visst ämne i interdisciplinära och interkulturella team, 2) *iterative* som innebär mikrocykler av att utveckla och testa med abduktiv logik, 3) *representational* som innebär att utveckla design artefakter, modeller via reella utmaningar, företagssamarbeten, samt att arbeta med 4) *complex* i form av 'wicked problems' som svårbehandlade problem som inte har ett enda rätt svar utan en mängd möjligheter.

VII. RESULTAT

Design thinking återspeglar de iterativa aktiviteterna som sker i designprojekt, det omfattar beslut under processen för att hantera 'wicked problems', det omfattar lärandet tillsammans i en social process i dialog med andra. Det omfattar att utveckla förståelse för vad som upplevs som användbart och attraktivt baserat på empati med användaren och användarsituationen, för att uppnå en god design. Baserat på detta kan design thinking ses som ett ramverk för lärande som kan användas i olika sammanhang, exempelvis inom ingenjörsutbildning. Det kan bidra till att utveckla studenternas förståelse för sammanhanget lösningarna ska användas inom, det etiska och normkritiska i att adressera en mångfald av användare och situationer, komplexiteten i verkliga problem, samt utveckla deras professionella, personliga och sociala förmågor. Design-tänkande kan även ses som ett komplement till PBL och CDIO [60], mot ett mer integrerat ramverk för utbildning där design är en naturlig del.

En sammanfattning av litteraturstudien, intervjuerna och omvärldsanalysen kan därmed vara en 'design spine' i en utbildningsplan som med progression har möjlighet att utveckla studenternas professionella, personliga, tvärvetenskapliga, normkritiska, etiska och sociala förmågor, se tabell 1.

TABELL 1. MODELL FÖR 'DESIGN SPINE'.

År	Mål	Förberedelse	Förutsättningar
1	Studenter kan använda grundläggande element av design thinking-approachen i projekt för att beskriva och analysera verkliga problem, normer och etiska överväganden.	Lärarna (kvinnor och män) förbereder projekt som har väl avgränsade och hanterbara delar. Samtliga projekt i en 'design spine' bör adressera teknik ur ett brett samhällsperspektiv, ex. sport, hälsa, medicin, från hemmet, från arbetsliv, från fritid etc. med ökande komplexitetsgrad genom utbildningen	Introduktion i design thinking-approachen. Introduktion i normer, värderingar och etik. Grundläggande kompetens i att skissa och bygga modeller. Synliggöra både kvinnors och mäns bidrag till teknisk utveckling.
2	Studenter kan utveckla, testa, utvärdera, argumentera och motivera idéer och prototyper ur ett normkritiskt/kreativt användarperspektiv.	Lärarna (kvinnor och män) introducerar ytterligare aspekter i form av normer, värderingar, etiska aspekter. Lärarna introducerar systemtänkande.	Introduktion i etnografisk metodik för inhämtning av användarupplevelser. Introduktion i tekniska upptäckter som löst vardagsproblem.

			Studiebesök och/eller gästföreläsningar med mångfaldsperspektiv.
3	Studenter kan planera, skapa och utveckla användarcentrerad innovation på ett semi-strukturerat vis.	Lärarna kvinnor och män) introducerar ytterligare metodik för att inhämta användarbehov, utveckla och testa prototyper.	Sociala aktiviteter som stödjer studenterna i kritisk reflektion och att vidareutveckla idéer och lösningar iterativt. Studiebesök och/eller gästföreläsningar med mångfald som ger ytterligare dimensioner till vad teknik är eller kan vara.
4	Studenter kan samarbeta i team bestående av en mångfald av erfarenheter och kompetenser och tillämpa ett strukturerat tillvägagångssätt (project management) på iterativa designcykler. Studenter kan självständigt välja och motivera strategi ur ett normkritiskt och etiskt perspektiv.	Ett lärarteam med mångfald som ger studenterna olika feedback som studenterna behöver filtrera och balansera. Inbjudna externa personer med mångfald som ger feedback i studenternas process.	Dedikerade designlabbar där studenterna kan arbeta professionellt och självständigt.
5	Studenter har erfarenhet av att arbeta med användarcentrerad och normkreativ innovation. Studenter kan göra subtila val och bedömningar, inse konsekvenser av val för olika användargrupper och kunna motivera dem ur ett normkritiskt och etiskt perspektiv.	Lärarteam med mångfald. Inbjudna externa personer med mångfald som ger feedback i studenternas process.	Dedikerade designlabbar där studenterna kan arbeta professionellt och självständigt.

VIII. DISKUSSION

Syftet med den här artikeln har varit att utforska om en 'design spine' kan vara ett tänkbart ramverk för att utveckla studenters förmågor att ta sig an framtidens komplexa problem och även bidra till att göra ingenjörsutbildning mer inkluderande och attraktivt för olika studentgrupper. De huvudsakliga frågor som utforskats är vad en 'design spine' skulle bidra till och hur kan det skulle kunna implementeras i ingenjörsutbildning.

En dylik modell behöver baseras på formativ feedback för att studenterna ska nå lärandemålen, exempelvis genom att varje fas har tydliga mål som studenterna förväntas ha uppnått. Genom kontinuerlig feedback av lärare kan studenterna förstå och utvärdera sina egna prestationer och vid behov anpassa aktiviteterna för att nå önskvärt slutligt resultat. Upplägget kan även motivera till ett bättre fördelat lärande inom en kurs där modellens faser erbjuder en strukturerad plan där varje fas kan innehålla vissa moment som ska uppfyllas. Detta kan bidra till en bättre fördelning av studentaktiviteter jämfört med en traditionell kurs med skriftlig tentamen i slutet.

En kunskapstaxonomi kan vara att utgå från väl strukturerade och avgränsade projekt under första året för att öka

komplexiteten och bredden under de efterföljande åren. Design thinking faserna ger en tydlig struktur och stödjer studenterna i att utforska utifrån vissa perspektiv. En designtänkande approach med öppna projekt bidrar till att studenter utvecklar sin förmåga att motivera och argumentera vilket även kräver att de utvecklar teoretisk förståelse för det fenomen som utforskas.

Ytterligare en fråga som adresserats i den här artikeln omfattar hur en 'design spine' kan bidra till ökad attraktivitet och inkludering. Ett slutsats är att design anses som attraktivt då det associeras till kreativitet, innovation och skapande. Utforskandet i designprojekt bestående av att prata med användare, gestalta, experimentera och prototypa lösningar upplever studenterna ofta som motiverande och engagerande. Studenter har i kurser exempelvis uttryckt att de inte ens märkte att de lärde sig, vilket i och för sig kan tolkas i både positiv och negativ riktning, men i det här fallet faktiskt innebar en ordentlig kunskapsutveckling jämfört med tidigare kursupplägg. Ett annat bidrag är att kommunicera utbildningens designbaserade projekt med fokus på den bredd av områden och appliceringar som teknik har i människans hem, arbete och fritid därmed öka attraktiviteten för studenter som inte lockas av traditionell ingenjörsutbildning.

En viktig aspekt är dock sammansättningen av designteam där en mångfald av erfarenheter och bakgrund är viktigt för att uppnå kreativ höjd. Det kräver att lärare har kompetens i att sätta samman både en bredd i projekt, samt väl fungerande team utifrån normkritisk kompetens samt att det finns handledare, gästföreläsare och externa personer av båda könen som förebilder i teknik-relaterade praktiker. Designprojekt kan även bidra till att kvinnor upplever teknik-orienterade kurser som mer attraktiva då de inte utmärks på samma sätt i lärandesituationen utan är en naturlig del av ett team med mångfald.

Det kräver även att lärare är beredda på att tänka om sin lärarroll, från expert till medskapande kunskapare, samt att de kunskaper som studenterna ska utveckla som ett resultat av kursen är väl definierade och kommunicerade i förväg.

Det finns fortfarande få studier som utvärderat värdet av design i ingenjörsutbildning. Framtida studier behöver exempelvis undersöka mängden designinslag för att verkligen bidra till att utveckla de efterfrågade kompetenserna; hur lärare kan vidareutbildas för att effektivt, normkritisk och etisk kunna handleda 'design spine' kurserna; vilken slags bredd och komplexitet projekt bör ha; vilka projektupplägg som kan bidra till den efterfrågade kompetensutvecklingen; hur utbildningar kan kommunicera en 'design spine', och om det verkligen kan bidra till ökad attraktivitet och inkludering.

IX. SLUTSATS

En slutsats av denna studie är att det finns stor potential i att inkludera en 'design spine' med avseende på att öka attraktivitet och inkludering till ingenjörsutbildning, samt för att utveckla framtidens ingenjörstudenter med professionell, personlig, tvärvetenskaplig, normkritisk, etisk och social kompetens.

En slutsats är att implementeringen av en 'design spine' har

potential att bidra till en utveckling av ingenjörsutbildning, bort från 'Grinter-modellens' uppdelning i teori och praktik mot en på allvar integrerad utbildning. En 'design spine' skulle även bidra till att studenterna tränar och får erfarenhet av en mängd projekt och ges möjlighet att utveckla och öva designkompetensen vid flera tillfällen. Det skulle innebära fler kurser, som inkluderar mikrocycler av design thinking där studenterna självständigt men samtidigt strukturerat kan utveckla de framtida önskvärda kunskaperna, förmågorna och värderingsförmågorna med ökad komplexitet genom utbildningen.

REFERENSER

- [1] SCB, "Brist på ingenjörer trots ökat intresse för utbildningen," Statistiska Centralbyrån, 2013.
- [2] Y. Eriksson and Asztalos Morell, I., *Bilden av ingenjören*, Stockholm: Carlssons Bokförlag, 2013.
- [3] B. Berner, "Inte bara ingenjörer," in *Vem tillhör tekniken? Kunskap och kön i teknikens värld*, Lund, Arkiv, 2003.
- [4] UKÄ, "Att utbilda för framtiden," Universitetskanslerämbetet, Stockholm, 2016.
- [5] S. D. Sheppard, K. Macatangay, A. Colby and W. Sullivan, *Educating Engineers: Designing for the future of the field*, Stanford, CA.: Carnegie Foundation for the Advancement of Teaching, 2008.
- [6] E. F. Crawley, J. Malmqvist, S. Östlund, D. R. Brodeur and K. Edström, *Rethinking Engineering Education. The CDIO Approach.*, Cham: Springer International Publishing, 2014.
- [7] ABET, "Accreditation Board for Engineering and Technology," n.d. [Online]. Available: www.abet.org/about-abet. [Accessed 19 9 2019].
- [8] NAP, *Understanding the Educational and Career Pathway of Engineers*, Washington, DC.: National Academic Press, 2018.
- [9] CDIO, "CDIO," n.d. [Online]. Available: cdio.org. [Accessed 19 09 2019].
- [10] Mote, "Remarks at the NAE workshop on pathways for engineering talent," National Academy of Engineering, Washington, DC, 2014.
- [11] S. R. Brunhaver, R. Korte, S. Barley and S. Sheppard, "Bridging the gaps between engineering education and practice," in *US Engineering in the Global Economy*, Cambridge, MA., National Bureau of Economics Research, 2017.
- [12] L. H. Lynn and H. Salzman, "The Globalization of Technology Development: Implications for US Skills Policy," in *Transforming the US Workforce Development System*, Ithaca, ILR Press, 2010.
- [13] SOU, "Svart på vitt om jämställdhet i akademin," Statens offentliga utredningar, Stockholm, 2011.
- [14] K. Dorst, "Describing design," TU Delft, Delft, 1997.
- [15] Å. Wikberg Nilsson, "Kvinnor i civilingenjörprogram: hinder och förutsättningar för ökad rekrytering," Luleå tekniska universitet, Luleå, 2008.
- [16] C. L. Dym, A. Agogino, O. Eris, D. Frey and L. Leifer, "Engineering Design Thinking," *Journal of Engineering Education*, vol. 94, no. 1, pp. 103-120, 2005.
- [17] Å. Wikberg Nilsson, Å. Ericson and P. Törlind, *Design: process och metod*, Lund: Studentlitteratur, 2015.
- [18] H. A. Simon, *The Science of the Artificial*, Cambridge, MA.: MIT Press, 1996.
- [19] D. Schön, *The Reflective Practitioner: how professionals think in action*, Aldershot: Arena, 1995.
- [20] D. Schön, *The Design Studio: an exploration of its traditions and potentials*, London: RIBA, 1985.
- [21] H. J. Rittel and M. Webber, "Dilemmas in a General Theory of Planning," *Policy Sciences*, vol. 4, pp. 155-169, 1973.
- [22] R. Buchanan, "Wicked Problems in Design Thinking," *Design Issues*, vol. 8, no. 2, pp. 5-21, 1992.
- [23] K. Dorst, "Exploring the Structure of Design Problems," in *ICED International Conference on Engineering Design*, Stockholm, 2003.
- [24] N. Cross, "Designerly ways of knowing," *Design Issues*, vol. 3, no. 4, pp. 221-227, 1982.
- [25] B. Lawson, *How designers think: the design process demystified*, Oxford: Architectural Press, 1997.
- [26] D. Norman, *The Design of Everyday Things*, New York: Basic Books, 2002.
- [27] K. Krippendorff, *The Semantic Turn: a new foundation for design*, London: CRC Press, 2005.
- [28] D. Rams, "Omit the Unimportant," *The MIT Press*, vol. 1, no. 1, pp. 24-26, 1984.
- [29] D. F. Sheldon, "How to teach engineering and industrial design: an UK experience," *European Journal of Engineering Education*, vol. 13, no. 2, pp. 103-115, 1988.
- [30] W. M. Roth, "Learning Science through Technological Design," *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 38, no. 7, pp. 768-790, 2001.
- [31] K. Kangas, P. Seitamaa-Hakkarainen and K. Hakkarainen, "Design experts' participation in elementary students' collaborative design process," *International Journal of Technology and Design Education*, vol. 23, no. 2, pp. 1-18, 2011.
- [32] D. Thomas and J. Brown, *En ny lärandekultur: att odla fantasin för en ständigt föränderlig värld*, Göteborg: Daidalos, 2013.
- [33] M. Polanyi, "Tacit knowing: Its bearing on some problems of philosophy," in *Knowing and Being: essays by Michael Polanyi*, Chicago, University of Chicago Press, 1962.
- [34] S. E. Dreyfus, "The Five-Stage Model of Adult Skills Acquisition," *Bulletin of Science Technology & Society*, vol. 24, no. 3, pp. 177-181, 2004.
- [35] T. Brown, *Change by design: how design thinking transforms organizations and inspires innovation*, New York: Harper Business, 2008.
- [36] T. Lockwood, *Design Thinking: Integrating Innovation, Customer Experience, and Brand Value*, New York: Allworth Press, 2010.
- [37] P. R. Magnusson, J. Matthing and P. Kristensson, "Managing User Involvement in Service Innovation: Experiments with Innovating End Users," *Journal of Service Research*, vol. 6, pp. 111-124, 2003.
- [38] L. Przybilla, M. Wiese and H. Krcmar, "A Human-Centric Approach to Digital Innovation Projects in Health Care: Learnings from Applying Design thinking," in *Pacific Asia Conference on Information Systems*, Yokohama, 2018.
- [39] K. Dorst and N. Cross, "Creativity in the Design process: co-evaluation of problem solution," *Design Studies*, vol. 22, pp. 425-437, 2001.
- [40] T. Amabile, *Creativity in Context: update to "the social psychology of creativity"*, Oxford: Westview, 1996.
- [41] J. Derrida, *Of Grammatology*, Baltimore: John Hopkins University Press, 1976.
- [42] P. Checkland, *Soft Systems Methodology: a 30-year retrospective: systems thinking, systems practice.*, Chichester: Wiley, 1999.
- [43] J. Utley, "Drop the Design-Thinking Crutches," Stanford D.School, 27 02 2014. [Online]. Available: whiteboard.stanford.edu/blog/2014/02/28drop-the-design-thinking-crutches. [Accessed 19 09 2019].
- [44] B. Berner, *Teknikens kön*, Lund: Studentlitteratur, 2009.
- [45] Å. Wikberg Nilsson and M. Jahnke, "Tactics for Norm-Creative Innovation," *She-Ji The International Journal of Design, Economics, and Innovation*, vol. 4, no. 4, pp. 375-391, 2018.
- [46] F. Henwood, "Engineering difference: discourses on gender, sexuality, and work in a college of technology," *Gender and Education*, vol. 10, no. 1, pp. 35-49, 1998.

- [47] W. Faulkner, "Teknikfrågan i feminismen," in *Vem tillhör tekniken? Kunskap och kön i teknikens värld*, Lund, Arkiv, 2003.
- [48] M. Salminen-Karlsson, "Hur skapas den nya teknikens skapare?," in *Vem tillhör tekniken? Kunskap och kön i teknikens värld*, Lund, Arkiv, 2003.
- [49] L. Grinter, "Report on the Evaluation of Engineering Education," *Journal of Engineering Education*, vol. 46, pp. 25-60, 1995.
- [50] A. Dutton, R. Todd, S. Magleby and C. Sorensen, "A review of literature on teaching design through project-oriented capstone courses," *Journal of Engineering Education*, vol. 76, no. 1, pp. 17-28, 1997.
- [51] H. Dryler, M. Inkinen, I. Amneus, P. Gillström, J. Severin, A. Viberg and P. Helldahl, "Kvinnor och män i högskolan," Universitetskanslerämbetet, Stockholm, 2016.
- [52] Chalmers, "Antagningspoäng civilingenjör Teknisk design," Chalmers tekniska högskola, n.d. [Online]. Available: xn--antagningspong-hib.se/chalmers-tekniska-hogskola/teknisk-design-civilingenjor. [Accessed 19 09 2019].
- [53] Å. Wikberg Nilsson and P. Törlind, "Självvärdering Teknisk design," Luleå tekniska universitet, Luleå, 2017.
- [54] Jämställdhetsmyndigheten, "Jämställdhetsintegrering i högskolor och universitet," Jämställdhetsmyndigheten, Göteborg, 2019.
- [55] SIT, "The Importance of Systems Thinking & Total Design," Stevens Institute of Technology, 2019. [Online]. Available: www.stevens.edu/academics/undergraduate-studies/engineering-design-spine. [Accessed 19 09 2019].
- [56] J. La Belle, "A Four-Year Modular Design Spine Curriculum," Arizona State University, n.d. [Online]. Available: www.naefoe.org/File.aspx?id=7990. [Accessed 19 09 2019].
- [57] University of Indianapolis, "Design Spine," University of Indianapolis, n.d. [Online]. Available: www.uindy.edu/cas/engineering/design-sine. [Accessed 19 09 2019].
- [58] K. Lulay, H. Dillon, T. Doughty, D. Munro and S. Vijlee, "Implementation of a Design Spine for a Mechanical Engineering Curriculum," in *ASEE Annual Conference and Exposition*, Seattle, WA, 2015.
- [59] M. Wiesche, L. Leifer, F. Uubernickel, M. Lang, E. Byler, N. Feldman and H. Krcmar, "Teaching Innovation in Interdisciplinary Environments: towards a design thinking syllabus," in *AIS SIGED Conference*, San Francisco, CA., 2018.
- [60] K. Edström and A. Kolmos, "PBL and CDIO: complementary models for engineering education development," *European Journal of Engineering Education*, vol. 39, no. 5, pp. 539-555, 2014.

Åsa Wikberg Nilsson (F67) PhD, Biträdande professor i Industriell design, Luleå tekniska universitet. Åsas forskning kan övergripande beskrivas som inom området Co-design, med fokus på att utveckla kunskap och metoder för medskapande som berör kontexten av att utbilda, använda, uppleva och praktisera design. Det omfattar den roll och det ansvar som läraren har att utbilda medvetna, inkluderande designingenjörer, den roll designern har för användarupplevelsen, inkludering av marginaliserade användare, för kreativa och innovativa produkter, tjänster, platser, miljöer och system.