

Brugerorienteret udvikling af en justeringsløsning til installation af terrassefliser

Bachelorprojekt



Titelside

Projekt titel: Brugerorienteret udvikling af en justeringsløsning til installation af terrassefliser

Bachelorprojekt

Vejleder: Niels Henrik Mortensen

Samarbejdsvirksomhed: Artlinco A/S

ECTS point: 20

Institut: DTU Construct

Projekt periode: 09-02-2026 til 25-05-2026

Total antal sider: 193

Total antal rapport sider: 100

Forfattere og deres studienummer:



Jakob Vincent Geishauser Hald
s234325



Andreas Melvang
s234345

Abstract

This project develops a user-oriented solution for paving terrace installation through redesign of adjustable pedestals. Initial research identified significant challenges with existing products, including time-consuming installation, difficult fine-adjustment and handling of uneven surfaces. User surveys showed that 74% of private users prioritize ease of installation over price and aesthetics.

Through an iterative design process based on the Double Diamond model, a grid concept consisting of interlocking feet and beams was developed. The solution reduces installation time by simplifying adjustment of the pedestals and improves stability through a pre-stabilized grid construction. Validation through strength calculations and economic analyses demonstrated technical feasibility and market competitiveness.

Testing with 3D-printed prototypes confirmed functionality and identified areas for improvement. Further development is required, including external user testing, optimization for injection molding, and development of solutions for wooden terraces before market introduction.

Tak til

Tak til Niels Henrik Mortensen (Department of Civil and Mechanical Engineering) for engagerende vejledning og konstruktiv feedback gennem hele projektet.

Tak til Søren Xerxes Frahm fra Artlinco A/S for at dele sin viden og give værdifulde perspektiver fra industrien. En særlig tak for din tid og for den store entusiasme du viste for projektet.

Tak til Rene og alle andre deltagere i brugerundersøgelserne for jeres tid og bidrag.

Erklæring om brug af AI

Af hensyn til akademisk transparens anerkendes det, at værktøjer baseret på kunstig intelligens (AI) er blevet anvendt i forskellige faser af skrive- og redigeringsprocessen i forbindelse med denne rapport.

Specifikt er ChatGPT af OpenAI og Claude af Anthropic blevet anvendt til at forbedre formuleringer samt undersøge alternative måder at strukturere indholdet på under udarbejdelsen af rapporten. Alle formuleringer er blevet gennemlæst, redigeret og valideret af projektgruppen, således de stemmer overens med projektets faglige indhold, konklusioner og metodiske grundlag.

Desuden er AI blevet anvendt til generering af enkelte billeder samt udarbejdelse af beregninger. I disse tilfælde er anvendelsen af AI tydeligt angivet de relevante steder i rapporten.

Indholdsfortegnelse

1	Indledning	1
1.1	Projektets tilblivelse	2
2	Metode	3
3	Produktanalyse	6
3.1	Overordnet struktur af terrassefødder.	7
3.2	Funktionsanalyse	8
3.3	Produkttest: Terrasselægning.	10
4	Markedsundersøgelse	15
4.1	Konkurrentanalyse	16
4.2	Alternative fundamenttyper.	19
5	Brugerundersøgelse	21
5.1	Respons fra førstegangsbbrugere.	22
5.2	Respons fra professionelle brugere	25
6	Problemdefinition	29
6.1	User journey	30
6.2	Problemtræ	32
6.3	Objectives tree	32
6.4	Problemformulering.	33
7	Konceptudvikling	34
7.1	Funktionsbestemmelse.	35
7.2	Morfologi.	38
8	Konceptmodning 1	43
8.1	Prototype af koncepter.	44
9	Evaluerende brugerundersøgelser	50
9.1	Evaluering af koncepter.	51
9.2	Evaluering - Håndværker på dtu-værksted.	51
9.3	Evaluering - Tømrer 1.	52
9.4	Evaluering - Brolægger.	53
9.5	Evaluering - Tømrer 2.	54
9.6	Evaluering - Rene.	54
10	Konceptmodning 2	56
10.1	Til-skala prototype af det udvalgte koncept.	57
10.2	Undersøgelse af tolerance i fliser.	61
10.3	Forbedringer.	62
11	Endeligt designforslag	66
11.1	Gitter-koncept.	67
11.2	Ny user journey.	72
11.3	Evaluering af det endelige designforslag.	74

Indholdsfortegnelse

12 Validering af konceptet	76
12.1 Økonomi.	77
12.2 Styrkeberegninger.	80
13 Diskussion	84
13.1 Begrænsninger.	85
13.2 Vurdering af proces og metodevalg.	86
13.3 Uafklarede aspekter i konceptet	87
14 Fremtid	89
14.1 Yderligere iterationer af designprocessen.	90
14.2 Forretningsperspektiver.	91
15 Konklusion	92
Litteraturliste	93
Bilag	

1 Indledning

Denne opgave omhandler udviklingen af en ny løsning til justering af terrasser med udgangspunkt i terrassefodder. Traditionelt har installation af fliseterrasser krævet et stabilt fundament af beton eller grus, hvilket medfører omfattende jordarbejde, lang arbejdstid og betydelige omkostninger. Som et alternativ til disse traditionelle metoder er terrassefodder blevet introduceret på markedet. Terrassefodder er højdejusterbare støtteelementer, der muliggør installation af hævede fliseterrasser uden behov for permanent fundament. De tilbyder fleksibilitet i højdeindstilling, modvirker ukrudtsvækst og giver mulighed for nem adgang til rør og kabler under terrassen. Trods disse fordele oplever mange brugere - både private og professionelle - udfordringer ved installation af terrasser med terrassefodder. Gennem indledende produktanalyser og brugerundersøgelser er der identificeret væsentlige problemer i installationsprocessen, herunder besværlig planlægning, tidskrævende finjustering, risiko for ustabilitet under installation samt manglende brugervenlige værktøjer til præcis nivellering. Særligt førstegangsb brugere finder processen uoverskuelig og teknisk krævende, hvilket kan afholde dem fra at vælge denne ellers fleksible løsning. Samtidig viser markedsundersøgelser, at eksisterende terrassefodder primært er designet med fokus på funktionalitet frem for brugervenlighed. Mange produkter kræver specialiseret værktøj og omfattende erfaring med byggearbejde, mens justeringsprocessen ofte opleves som besværlig og tidskrævende. Dette skaber en barriere for den almene forbruger, der ønsker at udføre arbejdet selv, men mangler de nødvendige kompetencer og ressourcer. Projektet adresserer disse problemstillinger gennem en brugerorienteret designtilgang med fokus på at udvikle en forbedret justeringsløsning til installation af fliseterrasser. Formålet er at gøre installationsprocessen mere tilgængelig, intuitiv og tidsbesparende for private brugere, samtidig med at løsningen forbliver teknisk robust og økonomisk konkurrencedygtig. Projektet tager afsæt i Double Diamond-modellen, der strukturerer designprocessen i fire faser: Discover, Define, Develop og Deliver. Gennem denne systematiske tilgang kombineres indsigter fra produktanalyser, brugerundersøgelser og markedsanalyser for at identificere og afgrænse problemområdet. Efterfølgende udvikles og evalueres koncepter gennem iterative prototyping- og testprocesser, hvilket sikrer, at det endelige designforslag er baseret på validerede brugerbehov og tekniske krav. Rapporten dokumenterer hele designprocessen fra indledende problemidentifikation til udvikling af et konkret designforslag. Gennem kvalitative interviews, kvantitative spørgeskemaundersøgelser, produkttests og prototypeevalueringer opbygges en dybdegående forståelse af brugernes behov, eksisterende løsningers begrænsninger samt potentielle forbedringsmuligheder. Det endelige designforslag præsenteres med tilhørende styrke- og økonomiberegninger, der validerer løsningens tekniske og kommercielle realiserbarhed.

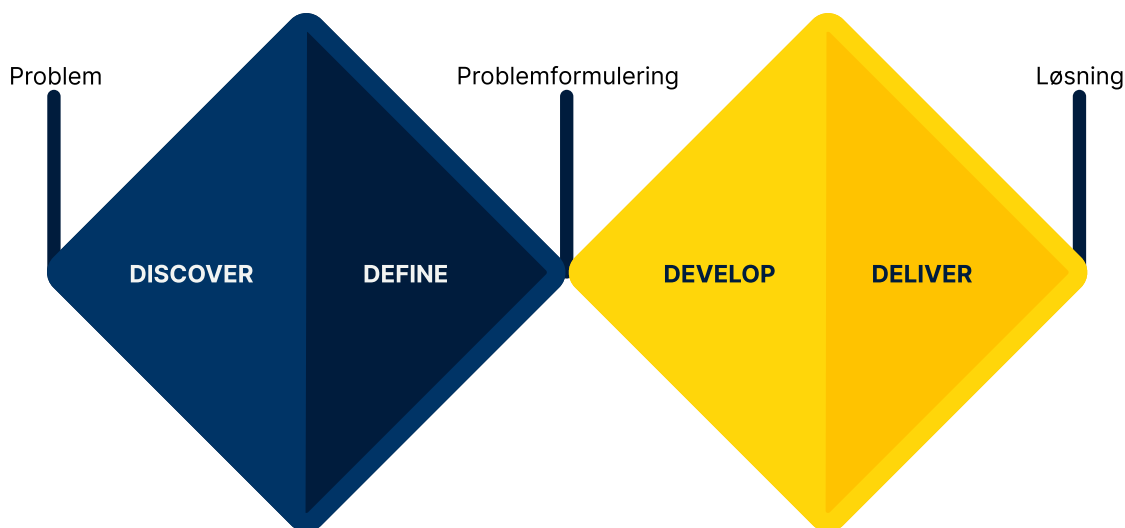
1.1 Projektets tilblivelse

Projektet er udarbejdet i samarbejde med virksomheden Artlinco A/S, der udfører konsulentarbejde i form af innovationsprojekter. Tilblivelsen af projektet kommer fra et indledende møde med Founder & CEO Søren Xerxes Frahm og Project Manager & Industrial Designer Lasse Jensen fra Artlinco. Her blev der gennemgået potentielle projekter der egnede sig godt til projektgruppens interesser og kompetencer, hvorfra udviklingen af nye terrassefødder blev udvalgt. Valget blev gjort på baggrund af projektets målrettelse mod brugervenlighed og opgavens håndgribelighed. Projektet stammer internt fra Artlinco, og de agerer derfor ikke som konsulent for en ekstern virksomhed. Ud fra mødet blev retningen for projektet sat, men projektgruppen fik frie tøjler til at udføre projektet på egne premisser.

2 Metode

Denne opgave tager udgangspunkt i Double Diamond-modellen, som strukturerer designprocessen i fire overordnede faser: discover, define, develop og deliver (Design Council, 2005). Modellen er valgt, fordi den understøtter en systematisk og iterativ tilgang til både udforskning og afgrænsning af problemrummet. Gennem en vekslen mellem udvidende og indskrænkende faser muliggør modellen en bred afdækning af problemrummet samt en efterfølgende fokusering på de mest relevante indsatsområder og udviklingsmuligheder. I projektet bruges modellen som en overordnet ramme for processen, hvor hver fase afsluttes med definerede milepæle og tilhørende leverancer. Disse fungerer som beslutningsgrundlag for den videre proces og sikrer en løbende kvalificering af både problemforståelse og løsningsforslag.

Udover Double Diamond-modellen tager projektet afsæt i et redesignperspektiv, hvor der indledningsvis lægges særligt fokus på analyse og forståelse af eksisterende løsninger på markedet for terrassefodder.



Double Diamond (Design Council, 2005)

Her følger en beskrivelse af Double Diamonds faser: *Discover*, *Define*, *Develop* og *Deliver*. De metodiske tilgange som blev anvendt til at afdække faserne vil også blive kortlagt.

Discover

Discover-fasen har til formål at kortlægge problemer, behov og muligheder indenfor emnet. Der blev arbejdet bredt med en række kvalitative og kvantitative metoder, for at få en bredere forståelse af problemområdet. Dette indebærer en række interviews med brugere og erhvervs personer med viden og erfaring om terrassefodder. Derudover blev der lavet en spørgeskemaundersøgelse for at få en bedre forståelse af, hvordan privatpersoners viden om og holdning til brug af terrassefodder ser ud.

For at identificere mere produktspecifikke problemstillinger blev der udført en række interne og eksterne tests af eksisterende terrassefødder, der samtidig fungerer som en form for benchmarking til de fremtidige koncepter. Dette blev indledt af en markedsanalyse, der havde til formål at kortlægge eksisterende løsninger samt identificere gennemgående funktioner, styrker og svagheder ved nuværende løsninger. Som led i analysen af eksisterende løsninger blev der udarbejdet et funktionsmiddeltræ med henblik på at identificere de centrale funktioner og tilhørende løsningsprincipper hos produkter, som findes på markedet. Dette bidrog til at konkretisere de funktionelle krav og skabe et overblik over mulige designretninger.

Sammenfattende blev der i discover-fasen brugt følgende metodiske tiltag

- Interviews/Brugerundersøgelser
- Markedsanalyse
- Funktionsmiddeltræ på centrale funktioner
- Brugstest af eksisterende løsning
- User journey på eksisterende løsning

Define

Define-fasen har til formål at afgrænse og konkretisere de centrale problemstillinger inden for området. I denne fase blev der udarbejdet et problemtræ med henblik på at strukturere de identificerede problemstillinger og tydeliggøre deres indbyrdes relationer.

På baggrund af dette blev der ligeledes udarbejdet et objectives tree, for at omsætte problemstillingerne til overordnede mål og krav for det videre designarbejde, som også vil være vejledende i forhold til den efterfølgende udviklingsfase.

Efter prioritering af de identificerede problemområder blev der formuleret en overordnet problemformulering for projektet, en vision for projektet samt seks styrende spørgsmål, der efterfølgende anvendes som ramme for de resterende faser i Double Diamond-processen.

Sammenfattende blev der i Define-fasen brugt følgende metodiske tiltag

- Problemtræ
- Objectives tree
- Problemformulering
- Vision
- 6 styrende spørgsmål, som ideudviklingsfasen skal besvare

Develop

Idéarbejdet begynder i develop-fasen, hvor det primære formål er brainstorming og udformning af løsningskoncepter. Her blev der først udarbejdet en funktionsanalyse med henblik på at identificere centrale funktioner for både terrassefodder og hjælpeværktøjer. På baggrund heraf blev der udviklet en morfologi, som strukturerer mulige løsningsprincipper og muliggør systematisk kombination af funktioner til forskellige koncepter. Dette dannede grundlag for udviklingen af en række løsningskoncepter, hvor der blev udarbejdet designforslag og videreudviklet på dem. Koncepterne blev løbende understøttet af forskellige idéudviklingsmetoder, herunder brainstorming, med henblik på at udforske løsningsrummet bredt.

Sammenfattende blev der i develop-fasen brugt følgende metodiske tiltag:

- *Funktionsanalyse*
- *Morfologi*
- *Brainstorm*
- *Minimum 8 koncepter for både terrassefod samt værktøj*

Deliver

Den sidste fase, deliver-fasen, har til formål at konkretisere og evaluere det endelige designforslag på baggrund af de udvalgte koncepter fra develop-fasen. I denne fase blev der udarbejdet prototyper på de to mest lovende koncepter med henblik på at teste og vurdere deres funktionelle og brugsmæssige potentiale.

På baggrund af brugerfeedback blev det mest hensigtsmæssige koncept udvalgt og videreudviklet til en funktionel prototype. Denne prototype blev anvendt til brugertest og benchmarking i forhold til eksisterende løsninger for at vurdere både funktionalitet og markedspotentiale.

Det endelige designforslag blev efterfølgende justeret og færdiggjort på baggrund af testresultater og feedback fra brugere. Som en del af fasen blev der desuden udarbejdet en økonomisk vurdering af det endelige design med henblik på at vurdere dets realiserbarhed.

Afslutningsvis blev der foretaget en samlet evaluering af det endelige designforslag samt en overordnet vurdering af projektets proces og resultater.

Sammenfattende blev der i deliver-fasen brugt følgende metodiske tiltag

- *Prototyping på de to mest lovende koncepter*
- *Udvælgelse af det mest lovende koncept på baggrund af brugerfeedback*
- *Udarbejdelse af en funktionel prototype til brugertest og benchmark*
- *Udarbejdet endeligt designforslag*
- *Økonomiberegning på endeligt designforslag*
- *Evaluering af endeligt designforslag samt samlet evaluering på hele projektet*

3 Produktanalyse

Som første skridt i discover-fasen blev der gennemført en produktanalyse, for at danne en generel forståelse for terrassefødder, samt en konkret forståelse af den brugerrejse, private og professionelle brugere skal igennem når de lægger en ny terrasse ved hjælp af terrassefødder. Produktanalysen består af en funktionsanalyse og flere produkttests, herunder en række interne og eksterne brugertests.

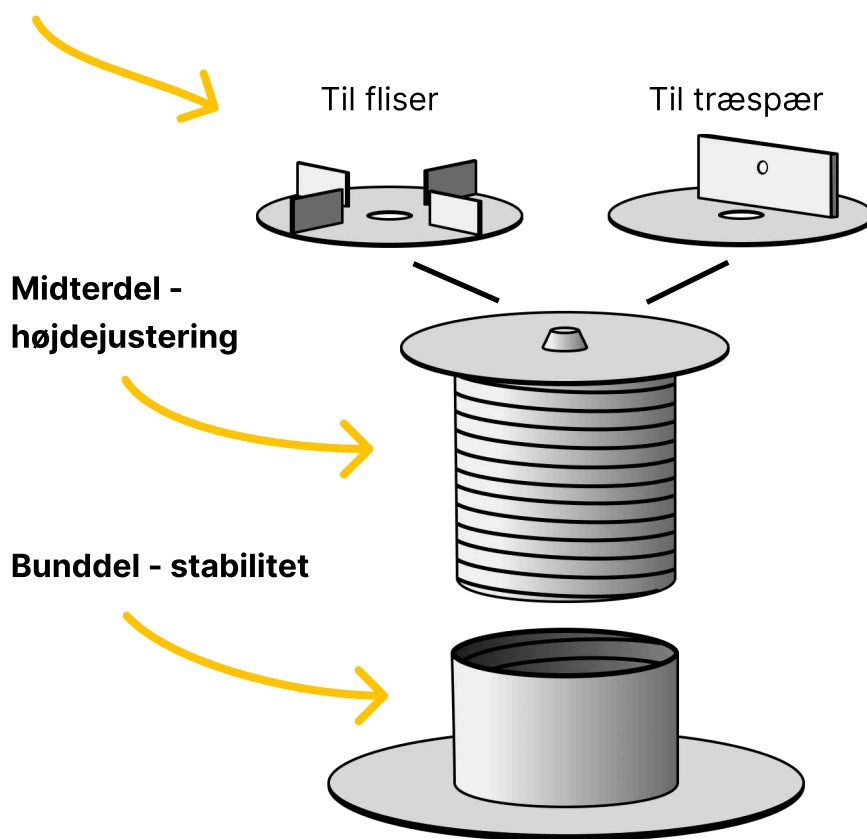


3.1 Overordnet struktur af terrassefødder

Terrassefødder består i de fleste tilfælde af tre dele: En topdel, midterdel og bunddel. Toppens formål er primært enten at sikre en korrekt fugeafstand mellem terrassefliser, hvis der skal lægges en fliseterrasse, eller skrues fast til træspær, hvis der skal lægges en træterrasse. Mange modeller har udskiftelige hoveder, så de både kan anvendes til træ- og fliseterrasser. Midterdelens formål er højdeindstilling, og dette gøres oftest med et gevind. Gevindet skrues ind i bunddelen, som også har til formål at stabilisere hele foden med sin brede bundplade.

Der findes et hav af forskellige variationer af denne sammensætning, nogle med blot 2 dele og nogle med mange flere dele. Dog bygger de alle på de samme grundprincipper.

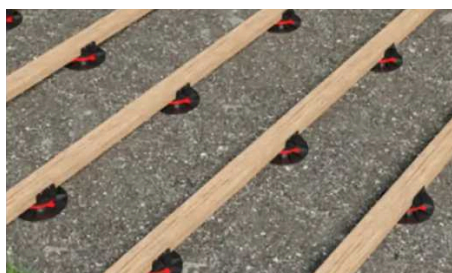
Topdel - udskifteligt hoved



Fødderne bliver lagt ud i en gitter-formation, hvor der anvendes en fod per flisekryds eller 1 fod per 60cm langs et træspær.



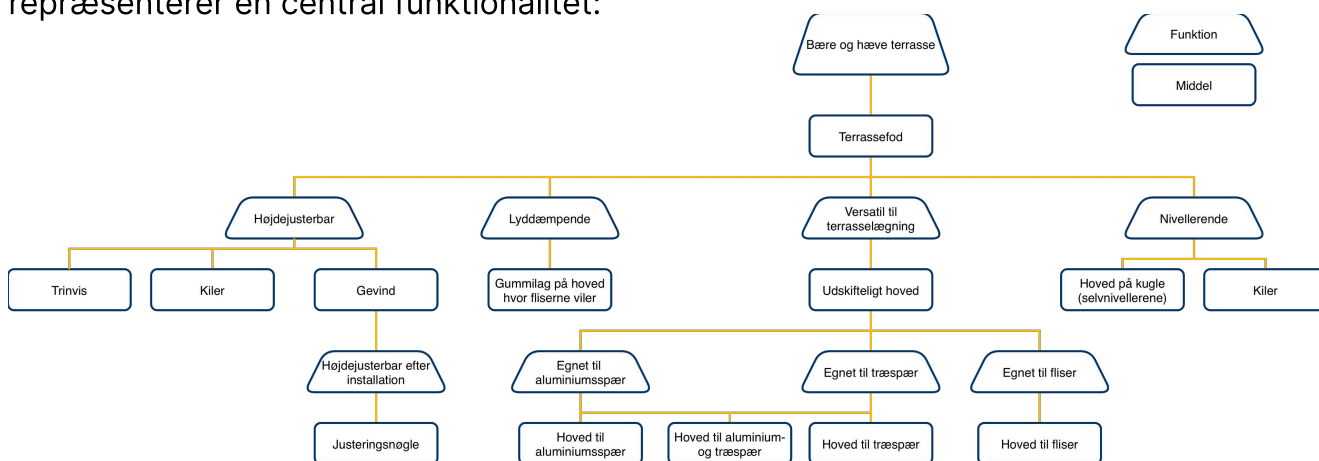
Fliseterrasse
(a2supply. (s.d.))



Træterrasse
(byggmax. (s.d.))

3.2 Funktionsanalyse

For at danne et overblik over funktionerne som de nuværende terrassefodder opfylder, blev der lavet et Funktions-Middeltræ (Cross, Nigel. (2021)). Funktions-Middeltræer afdækker funktioner som terrassefodder skal opfylde for at kunne bære og hæve en terrasse. Funktions-Middeltræet er struktureret i fire hovedkategorier, der hver repræsenterer en central funktionalitet:



Funktionsmiddeltræ (Se bilag P 5)

De overordnede funktioner fundet på baggrund af denne analyse er følgende:

1. Højdejusterbar
2. Lyddæpende
3. Versatilitet
4. Nivellerende

1. Højdejusterbar

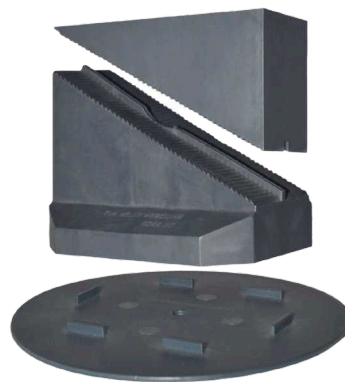
De fleste terrassefodder på markedet justeres ved hjælp af et gevind som gør det muligt at indstille højden af terrassefodderne. Nogle producenter giver mulighed for at efterjustere terrassen uden at løfte alle fliser. Dette gøres ved hjælp af en justeringsnøgle, som kan føres ned igennem flisekrydset for at dreje på terrassefodens gevind.

Eurotec har lavet en terrassefod som har et gevind kombineret med en trinvis nivellering. Trinvis nivellering er en justeringsmekanisme, hvor terrassefodens højde justeres i faste, foruddefinerede trin i stedet for kontinuerligt som ved et traditionelt gevind.

Knudsenkilen er den eneste producent på markedet hvis terrassefodder består af to kiler med riller, som tillader brugeren at flytte kilerne op og ned for at få den ønskede højde.



Terrassefod fra Eurotec
(PRO adjustable pedestal XS
/ PRO S, 2026 Maj)



Terrassefod fra Knudsenkilen
(Knudsen Terrassesæt, 2026 Maj)

2. Lyddæmpende

Mange terrassefødder har et lag af gummi i toppen for at dæmpe lyden af grænsefladen mellem flise og terrassefod, når man går på terrassen. Dette får terrassen til at lyde mindre hul

3. Versatilitet

For at udvide terrassefodens versatilitet, har mange producenter valgt at forsyne terrassefoden med et udskifteligt hoved, som er tilpasset til både træ- og fliseterrasser. Til fliseterrasser har hovedet fire fugeafstandstapper, der sikrer korrekt mellemrum mellem fliserne. For træterrasser har hovedet en flange, man kan skrue ind i en træspær.



*Typisk justeringsnøgle
(Justeringsnøgle til flisefødder
- UPTEC, 2026 Maj)*

4. Nivellerende

For at terrassefødder kan placeres på et ujævnt og skråt underlag, har producenter valgt at implementere features, som kompenserer for dette.

Brugeren kan anvende kiler under terrassefoden for at nivellere terrassefoden i korrekt vinkel. Kilerne sælges enten af producenten, eller af en tredjepartsdistributør.

Nogle produkter har også et selvnivellerende hoved som typisk er et kugleleds-forbindelse mellem hovedet og basen på terrassefoden.



Kiling af terrassefod (Jouplast. (s.d.).)



Selvnivellerende hoved (DD-group. (s.d.).)

3.3 Produkttest: Terrasselægning

For at undersøge hvordan terrassefodder anvendes til at lægge en ny terrasse, blev der udført både interne og eksterne tests. Dette blev gjort for at forstå produktet bedst muligt og kortlægge eventuelle udfordringer.

Det valgte produkt

Eurotec Pro blev anvendt i testen, da det er de terrassefodder, som er lettest tilgængelig for privatbrugere i Danmark.

De højdejusteres med et gevind og en trinvis justering. Hvis flisen skal stilles op af en mur, skal brugeren save en del af bunden af, således foden kan skubbes helt op ad muren.

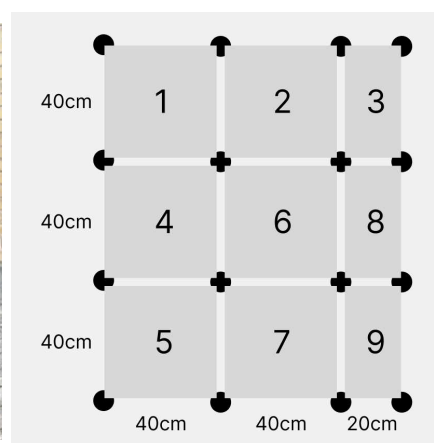
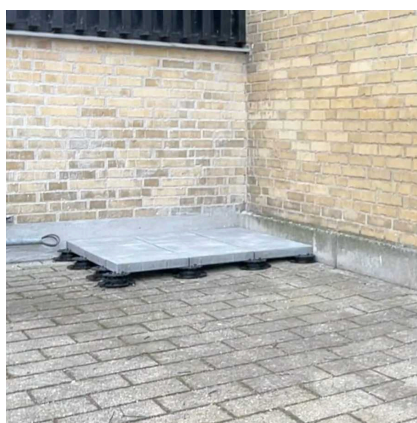
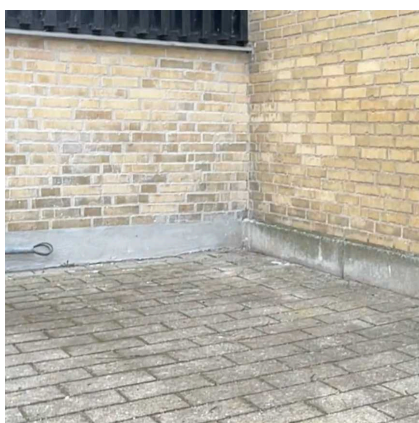
Produktet består af tre forskellige elementer; en base som skaber stabilitet for foden, et midter-element i tre dele med højdejusteringsmekanisme og en øvre del med fugeafstandstapper, som sikrer korrekt afstand mellem fliserne. Den øvre del kan frit roteres, når den er blevet installeret på midterelementet. Denne udgave af Eurotecs terrassefodder har et højdeindstillingsinterval mellem 3 og 5,3 cm.

Testopsætning

Testene bestod af opsætning af en mindre prøveflade seks 40×40 fliser og tre 40×20 fliser med i alt 16 terrassefodder.



Terrassefod fra Eurotec
(PRO adjustable pedestal XS
/ PRO S, 2026 Maj)



Terrasselægningen blev inddelt i forskellige segmenter, for at få et overblik over de mest tidskrævende dele af at lægge en terrasse. Segmenterne er:

- *Terrassefodder i vatter*, er den tid det tager at nivellere terrassefoden til at den er i vatter.
- *Flise lagt*, er den tid det tager at placere en flise på 4 terrassefodder.
- *Finjustering* er tiden det tager at lægge den givne flise helt i vater.

I følgende afsnit vil testforløbet opsummeres for både de interne og eksterne tests.

Intern test 1 - Indendørs opsætning

Dette var den første test vi foretog internt i gruppen, og som blev lavet 24 Februar 2026 (se bilag P 2 - Terrasselægning test - intern 1). Testen blev foretaget indendørs på et plant gulv. Det tog 8 minutter at tilskære terrassefodderne, som skulle placeres i hjørnerne og siderne. Andreas brugte 39 minutter, mens Jakob brugte 41 minutter på at lægge hele fliseterrassen.

Testen viste følgende udfordringer:

Finjustering

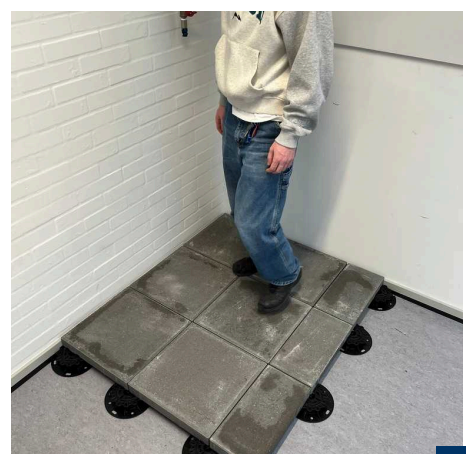
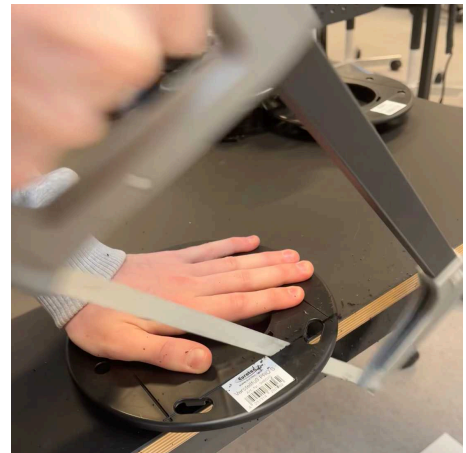
Det blev hurtigt tydeligt, at finjusteringen var det mest tidskrævende i processen. Eurotecs fødder kan ikke justeres med en flise på dem, hvilket gør at man skal fjerne flisen, hvis terrassefodens højde skal justeres. Det tager både lang tid og er besværligt, da der skal løftes tunge fliser under processen.

Tvivl om hvilken fod er årsag til ujævnhed

Et andet element, som besværliggjorde processen, er at vurdere hvilken terrassefod man skal justere når flisen ligger udenfor vatter eller hvis flisen vipper. Dette gør, at man skal justere terrassefodderne gentagene gange for at få en given flise i vater.

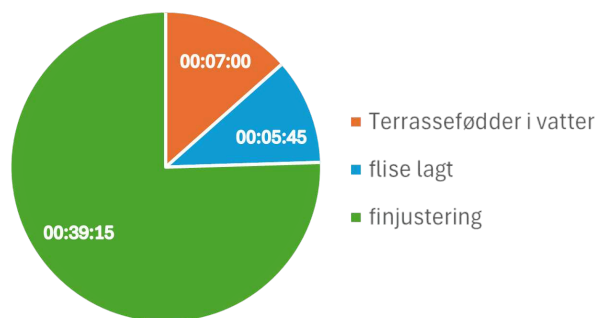
Skrøbelige fugetapper

Fugetapperne på terrassefodderne som skal afstandssikre fliserne er meget skrøbelige og brækker let af hvis en tung flise lægges på dem gentagne gange.



Intern test 2 - Opsætning på gamle fliser

Denne test blev gennemført udendørs på gamle fliser for at afdække dette brugsscenarie. Testen blev lavet 2. Marts 2026 (se bilag P 3, - Terrasselægning test - intern 2). I denne test var der blandt andet fokus på at tage tid på de forskellige arbejds-skridt af at lægge fliseterrassen på gamle fliser. Tidsfordelingen af denne test kan ses i nedenstående cirkeldiagram.



Cirkeldiagram af arbejds-skridt fra Intern test 2

Testen viste også følgende udfordringer:

Uventet behov for opkiling

På cirkeldiagrammet kan det ses at der blev brugt længst tid på finjustering. Det skæve underlag gjorde, at der var behov for at anvende kiler for at lægge foden i vatter. Dette skyldes at højdejusteringsintervallet ikke var stort nok til formålet. Man skulle altså have købt forskellige størrelser terrassefodder i forvejen. Antagelsen inden testen var, at højdejusteringsintervallet af Eurotecs terrassefodder var tilstrækkeligt, hvilket ledte til at der blev brugt diverse plaststykker til at kile fødderne op. Dette gjorde processen mere langtrukken og gav et dårligt resultat.



Opkiling af terrassefodderne vha. plaststykker

Besværlig finjustering

En anden problematik som også blev set i *intern test 1* var, at terrassefodderne ikke kan justeres med flisen på, da flisens vægt gør at gevindet ikke kan drejes. Det viste sig at det var lettere at lægge fødderne i vatter i deres nogenlunde rigtige position, og derefter placere fliserne. Dette gjorde at man skulle løfte de tunge fliser så lidt som muligt.

Et stort problem, der blev klart allerede inden testen blev udført, var føddernes manglende evne til at håndtere meget ujævne underlag. Det valgte testområde bestod af fliser, der kun var en smule skæve ift. til hinanden, men inden da blev andre områder overvejet. I de tilfælde viste det sig, at fødderne var meget let i stand til at vippe, hvis de stod mellem to skæve fliser. I dette scenarie ville det være en ekstra svær opgave at opsætte en terrasse i vater, så der blev i stedet valgt et mere jævnt område til udførelse af tests. Dog skal dette problem have særlig opmærksomhed i problemanalysen, da det medfører store krav til det forhenværende underlag, hvis terrassefødder skal kunne bruges i denne sammenhæng.



Eurotec PRO terrassefod på ujævne fliser

Ekstern test 1 - Opsætning på gamle fliser

Denne test blev lavet udendørs hvor underlaget er gamle fliser. Vi inviterede tre eksterne brugere (studerende på DTU) til at installere terrassen for at få et indblik i, hvordan en potentiel bruger som aldrig har haft terrassefødder i hænderne ville lægge en terrasse. Denne test blev udført 3. Marts 2026. (se bilag P 4 - Terrasselægning test - ekstern)

Testen viste følgende udfordringer:

1. Ikke intuitivt design

Vores testgruppe havde besvær med at forstå Eurotecs terrassefod, og det tog 17 minutter, før den første flise blev lagt. Testpersonerne blev forvirret af de to forskellige måder at justere terrassefoden og mente at gevindet var nemmest at forstå. Generelt var reaktionen, at processen tog for lang tid og produktet var frustrerende at arbejde med.

2. Skrøbelige fugetapper

Det var fjerde gang vi lagde en terrasse med de samme terrassefødder, hvilket havde gjort fugetapperne skrøbelige, og mange af dem faldt af under installationen. Dette gjorde, at fugeafstanden mellem fliserne ikke var som ønsket. Da underlaget af gamle fliser over tid vil bevæge sig, kan brugeren forvente at skulle re-justere terrassefødderne efter første installation og dermed opleve samme problematik.

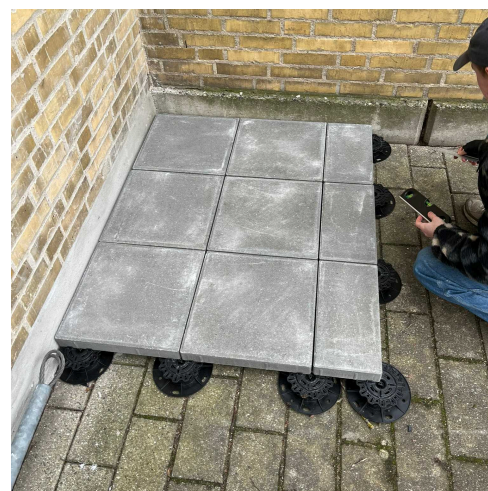
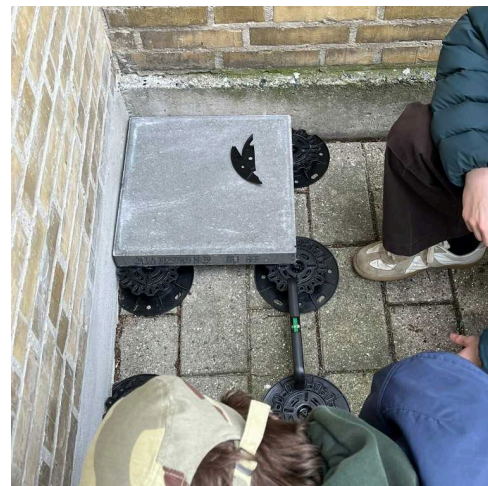
3. Besvær med at finjustere

Testgruppen oplevede også besvær med at finjustere terrassefødderne efter en flise var blevet lagt på dem. De mente at det ville være bedre hvis man kunne lægge terrassefødderne før fliserne blev lagt.

Sammenfatning af terrasselægningstest

De forskellige tests tydeliggjorde, at brugeroplevelsen med de nuværende løsninger er utilskrækkelig. Følgende punkter kortlægger de mest væsentlige problemer fundet ud fra denne undersøgelse.

- Finjustering - tidskrævende, besværligt og frustrerende
- Ikke intuitivt design
- Skrøbelige fugetapper
- Tvivl om bedste installationsprocess



4 Markedsundersøgelse

For at identificere et relevant udviklingspotentiale af terrassefødder er det nødvendigt at analysere den eksisterende konkurrencesituation samt undersøge, hvilke målgrupper de nuværende markedsløsninger primært henvender sig til. Markedsundersøgelsen vil tage udgangspunkt i de terrassefødder, som er tilgængelige i Danmark.

4.1 Konkurrentanalyse

Der findes mange forskellige producenter og varianter af terrassefodder med hver deres fordele og begrænsninger (se bilag M 1 - *Producentundersøgelse*). Samtidig er der stor forskel på tilgængeligheden af terrassefodderne, da kun et par producenter sælger til detailbutikker som byggemarkeder og fliseforretninger (se bilag M 2 - *Distributørundersøgelse*). I mange tilfælde bliver terrassefodder solgt som tilbudssalg, hvor entreprenører, håndværkere eller specialiserede fliseforretninger kontakter distributører og får et tilbud på dem. Konkurrentanalysen kigger bl.a. på en række produkter fra forskellige producenter og kortlægger produkterne ud fra deres egenskaber og karakteristika gennem en kvantitativ produktsammenligning. Den fulde produktsammenligning kan findes i bilag (M 3 - *Kvantitativ produktsammenligning*).

Produkterne bliver vurderet ud fra en række egenskaber. Disse indebærer blandt andre pris, bæreevne, nivelleringsgrad, interval for højdejustering, versatilitet ift. terrassetype mm. Der kigges på producenterne produktlinjer, som typisk består af flere produkter med forskellige intervaller for højdejustering. Disse produktlinjer deler oftest samme egenskaber, så der tages udgangspunkt i tre scenarier, hvor højdekravet er hhv. 50, 150 og 300 mm, således der kan beregnes en købspris for hvert scenarie til sammenligning med andre produktlinjer.

Produkt	Pris (kr)	Antal dele	Min. Bæreevne (kN)	Nivelleringsgrad (%hældning, SN=Selvnivellerende)	Størrelse af base (mm)	MIN højde (mm)	MAX højde (mm)	Fugestørrelse (mm)	Materiale	Andel genanvendt mat	Egnet til fliser	Egnet til træspær	Egnet til aluspær	Har lyddæmper
Soprema/Eternoivica														
SE	67,92 kr.		14 kN	5% SN	205	28	550	3/4	PP, neopren	N/A	x	x	x	x
NM	54,33 kr.		15 kN	N/A	205	25	990*	2/3/4	PP, neopren	N/A	x	x	x	x
PR	N/A		20 kN*	5% SN	211	30	945*	2/3/4	PP, neopren	N/A	x	x	x	x
Profilitec														
UPTEC	68,33 kr.		14 kN	5% SN	190	43	508	2/4	PP	80%	x	x	x	x
Excellent Systems														
Pavepad	35,75 kr.		12 kN	N/A	180	15	300	5	PEHD	100%*	x	x		x
Schøller Stål ApS														
SteelFIX	66,67 kr.		12 kN	7%*	200	11	470	3	Plast**	N/A	x	x		x
Ceramiche Keope														
K2 Extreme	69,00 kr.		N/A	N/A	N/A	60	100	N/A	Plast	N/A	x			x*
Ukendt producent 1														
DK	29,00 kr.		12 kN	*	N/A	10	94	4	Plast, gummi	N/A	x			x
Ukendt producent 2														
"Flisefod justerbar"	43,75 kr.		10 kN	7% SN	N/A	30	220	3	Plast, gummi	N/A	x			x
Dakota														
Gemini	N/A		14 kN	5% SN	N/A	35	1000	4	Plast	N/A	x	x	x	
Eurotec / HSI														
ECO / HS Terra	24,95 kr.		2.2 kN	N/A	N/A	25	198	N/A	PP	N/A		x	x	
PRO	82,67 kr.		8 kN	10%*	190	22	468	N/A	PP-C	N/A	x	x	x	

Uddrag fra den kvantitative produktsammenligning på produktlinje-niveau

Produkt	Pris (kr)	Vægt (g)	Antal dele	Min. Bæreevne (kN)	Nivelleringsgrad (%hældning, SN=Selvnivellerende)
Soprema/Eternoivica					
SE	67,92 kr.			14 kN	5% SN
50 mm	43,75 kr.	320	2		
150 mm	62,50 kr.	518	2		
300 mm	97,50 kr.	845	3		
NM	54,33 kr.			15 kN	N/A
50 mm	34,75 kr.	276	1		
150 mm	51,00 kr.	430	1		
300 mm	77,25 kr.	950	2		
PR	N/A			20 kN*	5% SN
50 mm	N/A	N/A	2		
150 mm	N/A	N/A	2		
300 mm	N/A	N/A	3		
*11kN med forlængere					
Profilitec					
UPTEC	68,33 kr.			14 kN	5% SN
50 mm	45,00 kr.	N/A	2		
150 mm	77,50 kr.	N/A	3		
300 mm	82,50 kr.	N/A	5		

Uddrag fra den kvantitative produktsammenligning med prisscenarier

Produktsammenligningen viser, at der findes mange udgaver af terrassefødder med forskellige styrker ift. pris, bæreevne, kompatibilitet osv. De tager alle udgangspunkt i den klassiske form bestående af en bund- og top-del forbundet med et gevind til højdejustering. Undtagelser af dette er "Pavepad" fra Excellent Systems og "Knudsen Terrassesæt" fra Knudsen Kilen, der hhv. fungerer som opklodsning og kiler.

Prismæssigt varierer produkterne mellem 15-45kr. for terrassefødder med mulig højdejustering op til 50mm, 22-80kr. for 150mm og 22-140 kr. for 300mm. Der er dermed stor variation i prisen på produkterne, og dette skyldes delvist brugen af forlængere, som tilkøbes og sættes på terrassefødderne for at øge maksimalhøjden. Afhængig af produktlinje skal man købe mellem 2 og 5 individuelle dele for at opnå en højde på 300mm.

Sammenfatning af kvantitativ produktsammenligning

For at være konkurrencedygtig på markedet er det nødvendigt at adskille sig på minimum én parameter fra alle de konkurrerende produkter. Grundet det store udvalg af terrassefødder er det ikke tilstrækkeligt at lave et nyt design med små ændringer og en sammensætning af eksisterende funktioner. Der er større markedspotentiale ved at nytænke terrassefoden, og netop dette er nødvendigt, hvis man skal gøre sig nogen forhåbninger om at slå igennem på markedet.

Distributører & tilgængelighed

Som beskrevet tidligere er der stor forskel på, hvor man kan købe de forskellige terrassefødder. Vil man som privatbruger købe terrassefødder, er der begrænsede muligheder i de gængse byggemarkeder og detailforretninger. Her dominerer Eurotec og Knudsen Kilen markedet med billige og simple løsninger. Eurotec udbyder to produktlinjer, ECO og PRO, hvor førstnævnte kun kan bruges til træterrasser. Eurotec PRO har et udskifteligt hoved, der gør det muligt at lægge både træ- og fliseterterrasser med dem. Knudsen Kilens "Knudsen Terrassesæt" kan, ligesom ECO, kun bruges til træterrasser.

Begge producenters produkter er begrænsede ift. håndtering af ujævne og skrå underlag, og i Eurotecs tilfælde er brugeroplevelsen, som beskrevet i afsnittet "Terrasselægningstest", ikke optimal. Til gengæld er produkterne simple og ligetil for det meste.

Som privatforbruger er det også muligt at købe andre modeller i specialiserede fliseforretninger. Det er typisk der, man kan få fat i de lidt dyrere men også bedre produkter fra producenter som Eternoivica og Profilitec. Disse produkter ligger i en højere prisklasse men tilbyder til gengæld flere funktioner såsom lyddæmpning, selvsnivellering og muligheder for efterjustering med et specialiseret værktøj.

En medarbejder fra fliseforretningen Alice Butik forklarede, at de havde valgt at udbyde terrassefødder fra de lidt dyrere producenter Eternoivica og Dakota ud fra en vurdering af, at produkterne er mere robuste og nemmere at installere. Da de typisk sælger en færdig pakkedløsning med både terrassefødder og fliser, giver det god mening, at der er særlig fokus på kvalitet og brugervenlighed, fordi de står til ansvar for terrassen som helhed og dermed alle dens elementer.

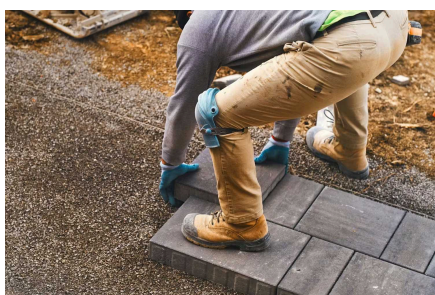
Sammenfatning af distributører & tilgængelighed

Det er altså på nuværende tidspunkt ikke muligt at købe billige, brugervenlige og robuste terrassefødder, og særligt ikke hvis man kun handler i de store byggemarkeder. Dette er med til at fremmedgøre brugsscenarierne af terrassefødder, da en størstedel af private personer ikke er klar over, at de overhovedet findes. Der opstår dermed en mulighed for at ramme et nyt brugersegment, som bygger på ideen om, at bedre tilgængelighed og brugervenlighed skaber større interesse hos privatpersoner. Det er ikke optimalt, at de gode løsninger kun kan købes hos specialiserede forretninger, hvis man vil ud og sælge til privatmarkedet. Dog skal det noteres, at konkurrencesituationen i byggemarkeder er særligt stor, så en ny løsning skal være ekstra konkurrencedygtig for at kunne slå igennem på dette marked.

4.2 Alternative fundamenttyper

Der findes mange andre fundamenttyper til terrasser, og disse skal alle behandles som sekundære konkurrenter til terrassefodder. Det betyder at de opfylder samme behov - at være fundament til en terrasse - men er forskellige produkttyper (se bilag M 5.1 - Alternative fundamenttyper). De mest ordinære fundamenttyper til terrasser er følgende fire typer:

- Jord/sand/grus
- Punktfundament
- Skruefundament
- Opklodsning



Jord/sand/grus



Punktfundament



Skruefundament



Opklodsning

De adskiller sig alle fra hinanden, bl.a. på pris, arbejdsbyrde og bæredygtighed.

For at få et bedre overblik er der udarbejdet et skema med fordele og ulemper for de forskellige fundamenttyper. Se det fulde skema i bilag (M 5.1 - Alternative fundamenttyper, s.2)

En af de mest anvendte fundamenttyper til fliseterrasser er jord, sand eller grus. Dette er en simpel løsning og det gør, at fliserne er understøttet under hele fladen, hvilket stabiliserer dem godt. Dog bevæger jorden sig over tid, hvilket skubber fliserne rundt og gør terrassen ujævn. Desuden er det en langsommelig proces at sørge for, alle fliserne ligger i vater og det hele ser pænt ud. Der kan endvidere komme ukrudt op mellem fliserne, hvilket er en stor udfordring for mange brugere.

En af de mere permanente fundamenttyper er punktfundamenter eller beton-støbte fundamenter. Disse bliver mest brugt til at lave træterrasser men kan i princippet også bruges til fliser. Fordi fundamentet er støbt i jorden, vil terrassen have sværere ved at bevæge sig med tiden, og den holder sig dermed lige i længere tid. Dog er det et større arbejde at skulle støbe cement i jorden, og det kræver, at man har godt styr på terrassens størrelse og form på forhånd.

Det samme gælder for skruefundamenter, der dog kan monteres lidt hurtigere i jorden. Til gengæld afhænger de mere af jordbundstypen, hvilket betyder at de til tider kan være svære at skrue ned.

Opklodsningen er nok den mest simple og billige måde at understøtte en terrasse på, men den er til gengæld mere ustabil end de andre typer. Fordi der ikke er noget til at fastholde klodserne, kan terrassen blive skubbet rundt, hvilket kan gøre terrassen skæv og ustabil.

Sammenfatning af alternative fundamenttyper

Terrassefødder fungerer som en form for avanceret opklodsning, hvis største formål er at gøre nivelleringen lettere - et problem som alle fundamenttyper lider af i større eller mindre grad. Det er derfor vigtigt, at en ny løsning bibeholder denne funktion for at forblive konkurrencedygtig. Samtidig skal det give mening i forhold til pris, arbejdsbyrde, stabilitet og levetid, hvor de to sidstnævnte er særligt vigtige i sammenligning med de andre fundamenttyper.

5 Brugerundersøgelse

For at forstå problemerne under installationen af en ny fliseterrasse er det vigtigt at snakke med førstegangsbrugere (personer med lidt eller ingen erfaring indenfor fliselægning) samt erfarne gør-det-selv personer, herunder professionelle.

Undersøgelserne udføres gennem *interviews*, *spørgeskemaer* & *anmeldelser på internettet*.



5.1 Respons fra førstegangsbbrugere

For at undersøge hvordan almene forbrugere forholder sig til installationen af en ny terrasse, blev der gennemført en brugerundersøgelse bestående af et spørgeskema og et kvalitativt interview. Spørgeskemaet blev delt via projektgruppens private Facebook-kontoer i februar 2026. Desuden blev der gennemført et kvalitativt interview med Rene, som har erfaring med at installere en terrasse med terrassefødder.

Svar fra spørgeskemaundersøgelse

Det kvantitative spørgeskema havde til formål at kortlægge almene forbrugeres viden om typer af terrassefundamenter samt deres holdninger og præferencer til installation af ny terrasse herunder valg af fundamenttype og installationsmetode. Undersøgelsen blev besvaret af 31 respondenter og gav indsigt i fordele og ulemper ved forskellige fundamenttyper fra den almene forbrugers perspektiv (se bilag B 3 - Spørgeskemaundersøgelse). I det følgende afsnit præsenteres resultaterne fra dette spørgeskema.

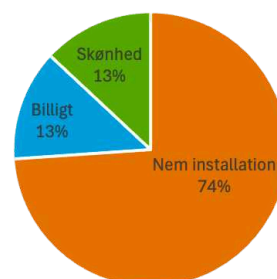
Prioriteter ved installation af terrasse

I spørgeskemaet blev vist forskellige metoder at installere en ny fliseterasse på. Respondenterne blev bedt om at angive, hvilken metode de ville anvende til at installere en ny terrasse og derefter begrunde deres valg. Svarene for hvorfor respondenterne valgte deres installationsmetoder er blevet kategoriseret.

Resultaterne fra denne test vises i et cirkeldiagram.

Resultaterne viser at 74% fortrækker en installationsmetode som tillader nem installation, mens den billige løsning (13%) og den æstetisk tiltalene løsning (13%) har markant mindre andel. Resultaterne indikerer, at mange er villige til investere i en nem installationsmetode, selv hvis det går på kompromis med æstetik og pris.

Hvorfor vælger respondenter en installationsmetode over en anden?



Styrkebekymringer ved terrassefødder

En tilbagevendende bekymring ved terrassefødder blandt respondenterne er tvivl om den faktiske bæreevne af terrassefødderne. Respondenterne angav at de ser terrassefødderne som en mindre robust løsning sammenlignet med andre installationsmetoder.

Villighed til selvinstallation

Det blev også undersøgt om private forbrugere er villige til at installere deres egen terrasse. Resultatet af denne undersøgelse viste at 25 ud af 31 (81%) respondenter ville gøre det selv og/eller få hjælp fra venner/familie til installationen. Resten af respondenterne ville hyre professionel hjælp til at få opgaven udført. Resultatet viser at de fleste ser det som en overskuelig opgave at installere en terrasse, og endda fortrækker selv at installere terrassen. Nedenfor er den pris som, respondenterne forventer at bruge på en ny terrasse afhængigt af den arbejdskraft de vil anvende. Resultaterne skal tolkes med forsigtighed grundet det begrænsede antal respondenter.

Gøre det selv eller hjælp fra venner og familie

- 0 - 19.999 kr: 11
- 20.000 - 39.999 kr: 6
- 40.000 - 59.999 kr: 8
- 60.000 - 79.999 kr: 0
- 80.000 - 99.999 kr: 0

Gennemsnit: 27.600kr.*

Betalt håndværker

- 0 - 19.999 kr: 1
- 20.000 - 39.999 kr: 2
- 40.000 - 59.999 kr: 1
- 60.000 - 79.999 kr: 1
- 80.000 - 99.999 kr: 0

Gennemsnit 40.000 kr.*

Det kan ses at gruppen af respondenter som vil installere en ny terrasse selv eller med hjælp fra familie og venner forventer at bruge 12.400 kr. mindre på at installere en ny terrasse end gruppen som ville anvende en betalt håndværker.

Lavt kendskab til terrassefødder

9 ud af 31 respondenter (29%) angav, at de kendte til terrassefødder som installationsmetode, mens 22 respondenter (71%) ikke havde kendskab til produktet.

Brugeroplevelse med terrassefødder

Som en del af brugerundersøgelsen blev Rene interviewet (*se bilag B 2 - Interview med tidligere bruger af terrassefødder*). Han har tidligere installeret en fliseterrasse ved hjælp af terrassefødder. Rene brugte en kombination af Eurotec Eco og Eurotec Pro med 60cm x 60cm fliser. Han anvendte en kombination af de to da han fik Eurotec Pro i et restsalg, og kunne købe Eurotec Eco billigt. Han skulle installere en terrasse på 100 m². Interviewet blev gennemført for at få en bedre forståelse for hele brugerejsen af at installere en ny terrasse ved hjælp af terrassefødder. I følgende afsnit redegøres der for Renes oplevelse med at installere en terrasse ved hjælp af terrassefødder.

*Gennemsnit er udregnet ud fra midtpunktet af intervallet.

Produktvalg

Pris spillede en stor rolle for Rene, da han skulle vælge terrassefodder, hvilket er grunden til, at han brugte nogle af de billigste terrassefodder på markedet. Han havde høj selvtillid i forhold til terrasselægningen, hvilket også var en del af grunden til at han fravalgte nogle af de mere brugervenlige terrassefodder.

Tidsforbrug

Det tog Rene mange timer fordelt over flere weekender at installere terrassen på 100 m². Rene understregede at planlægningsfasen tog betydeligt længere tid end forventet. Fasen indebærer at *opmåle terrassen, indikere forhindringer, beslutte startpunkt af terrasselægning og beslutte størrelse på fliser*. Ifølge Rene brugte han lige så lang tid på denne fase, som installationsfasen.

Planlægningsværktøjer

Rene brugte CAD til at optegne hans terrasse, da han ikke kunne finde andre projekteringsværktøjer på internettet. Dette er på trods af at producenter som profilitec tilbyder et sådant værktøj til gratis anvendelse (Profilitec, 2022 Januar).

Udfordringer ved installation langs mur

Ifølge Rene var installationen af terrassefodderne mest vanskelig langs murværk og især i hjørner. For at fliserne i siderne ikke vipper, skal bunden af terrassefodderne tilskæres for at placeres længere ind mod muren. På trods af dette manglede der fortsat stabilitet i hjørnet, da der alligevel ville være et lille område som ikke kunne dækkes af terrassefoden. Rene fremhævede også at det tog lang tid at tilskære bunden af terrassefodderne.



Tilskåret terrassefod
placeret op ad væg

Forslag til produktforbedring

Med udgangspunkt i sine erfaringer med at installere en fliseterrase ved brug af terrassefodder, havde han nogle forslag til produktforbedringer: Rene fremhævede, at afstandskloser i grænsefladen mellem muren og fliserne ville være et hjælpsomt middel til at få en ensartet fugeafstand rundt om hele fliseterrassen. Han pointerede også at et enklere projekteringsværktøj end CAD ville reducere arbejdsbyrden betydeligt. Et prisvenligt og brugervenligt lasersystem til nivellering ville ligeledes lette installationsprocessen betydeligt.

Fordele ved terrassefodder

På trods af udfordringerne fremhævede Rene også flere fordele. Han mente, at han brugte relativt kort tid på at installere en ny terrasse, da han ikke skulle fjerne den gamle slidte fliseterrase. Terrassefodder gør det også muligt at hæve terrassen, således at terrassen flugter med indendørsgulvet, hvilket var en vigtig faktor i Renes valg af terrassefodder.

Den nye hævede fliseterrasse var heller ikke lige så beskidt som en jordlagt fliseterrasse, da jord og sand falder mellem fugen af fliserne og dermed ikke samler sig på fliseterrassen. Dette gjorde det mere behageligt at opholde sig på terrassen med bare fødder. Han satte også pris på, at ukrudt ikke længere var et problem, da der ikke kommer tilstrækkeligt sollys under terrassen til, at ukrudt kan gro. Rene kunne sagtens forestille sig at bruge terrassefødder til installation af en træterrasse.

5.2 Respons fra professionelle brugere

I dette afsnit undersøges professionelle brugeres relation til terrassefødder.

Professionelle brugere inkluderer brolæggere, sælgere og andre fagpersoner med erfaring inden for installation af terrasse. Det er vigtigt at notere at sælgernes perspektiv kan være påvirket af en bias. For at se de fulde interviews (Se B 1 - *Brugerundersøgelse i butikker der sælger terrassefødder*), (B 4 - *Anmeldelser fra internettet*) og (B 6 - *Spørgeskemaundersøgelse*).

Sælger fra Alicebutik

Alicebutikken er en specialiseret forretning som sælger fliser til inden- og udendørsbrug. De sælger terrassefødder produceret af Soprema, Eterno Ivica, Dakota og Schlütter Systems.

En sælger fra Alicebutikken, har selv installeret en ny fliseterrasse ved hjælp af terrassefødder fra Soprema. Han havde brugt en weekend på at installere 60 m² fliseterrasse med en ven. Sælgeren mente selv at det var en forholdsvis let opgave, og at der ikke var store problemer med installationen.

Sælgeren fremhævede særligt to egenskaber ved Sopremas terrassefødder: *lyddæmpning* og *selvsnivellering*. Sopremas terrassefødder har en gummibelægning i toppen af terrassefoden, som giver en lyddæmpende effekt hvilket er en god feature ifølge sælgeren. Han pointerede at det selvsnivellerende hoved, som Sopremas terrassefødder har, er en god designfeature for at tage højde for mindre ujævnheder i underlaget.

Hvert forår finjusterer han sin terrasse for at gøre op for det bevægelige underlag under terrassefødderne. Han anvender en justeringsnøgle fra Soprema til at gøre dette, uden at skulle løfte alle fliser igen. Det blev tydeligt under interviewet at sælgeren sætter stor pris på terrassefødder, der ser robuste ud og giver et solidt udtryk. Sælgeren havde hørt fra kunder, at de havde haft besvær med at lægge en terrasse vha. terrassefødder, men han ville ikke uddybe yderligere på det.

Sælger fra murerbutikken

Murerbutikken sælger værktøj og ressourcer til at lægge fliser og de sælger terrassefodderne fra Profilitec. Vi kom i kontakt med en sælger fra murerbutikken.

Produktegenskaber

Sælgeren mener at det er smart at Profilitecs fodder kan finjusteres med et gevind, og at brugeren kan tilkøbe forlængere som tillader at brugeren kan højdejustere yderligere uden at skulle købe et andet produkt, som man skal ved Eurotecs terrassefodder.

Anbefalinger til kunder

Han råder altid sine kunder til at købe Profilitecs terrassefodder med en fugeafstand på 4 mm i stedet for 2 mm, da det vil hjælpe efterjusteringen. Selv om det ifølge Profilitec er muligt, at efterjustere fliserne med justeringsnøglen uden at løfte flisterne, råder sælgeren dog sine kunder til alligevel at løfte fliserne ved efterjusteringen.

Selvnivellering

Profilitecs terrassefodder har et selvnivellerende hoved. På trods af dette råder sælgeren kunderne, at anvende kiler til at nivellere terrassefodderne.

Bygma Roskilde

Bygma i Roskilde er et logistikcenter for resten af Bygma-butikker på Sjælland, som sælger Eurotec ECO. Bygma specialiserer sig i at sælge produkter til håndværkere.

Salgstal og tendenser

Sælgeren sagde at logistikcenteret havde solgt 30.000 terrassefodder i 2025, og at der havde været en stigende tendens i de seneste par år. Den store interesse i terrassefodder kommer af at det er blevet populært at bygge tagterrasser i København, hvilket oftest gøres ved hjælp af terrassefodder. Terrassefodderne gør at vand ikke samler sig på terrassen og i stedet kan føres væk.

Håndværkernes præferencer

Sælgeren fortæller, at håndværkerne typisk køber den billigst løsning, for at have den størst mulige indtjening. Han nævner også at håndværkere kan anvende de billige løsninger blandt andet fordi de har mere erfaring med løsninger som er svære for privatforburgere at anvende. Bygma sælger på grund af dette fortsat flere Knudsen Kiler, som er et billigere produkt.

Anmeldelse fra YouTube

Benjamin fra den britiske YouTube-kanal *Benjamog* har lavet en anmeldelse af en terrassefod som ikke sælges i Danmark, men som funktionelt minder meget om de andre terrassefødder. (Benjamog, 2020, 7. Juni)

Anbefalinger og begrænsninger

Han råder sine seere til ikke at bruge terrassefodens fulde højdeindstilling på 60 mm, da han mener at terrassefoden bliver mere skrøbelig og ustabil. På trods af at Benjamins gulv er meget plant, banker han gulvet til når terrassefoden ikke står i vater i stedet for at bruge kiler.



*Terrassefod solgt af Jouplast
(ManoMano, 2026 Maj)*

Fordele ved terrassefødder

Grunden til at han anvender terrassefødder til at lægge terrassen, er på grund af tre brønddæksler som befinder sig i underlaget. Terrassefødderne gør at han ikke skal arbejde uden om brønddækslerne, men blot kan installere terrassefødderne på brønddækslerne uden yderligere bekymringer.

En god feature, som han sætter stor pris på, er at der ikke samler sig vand på toppen af terrassen, da vandet løber mellem fliserne og samles op i jorden.

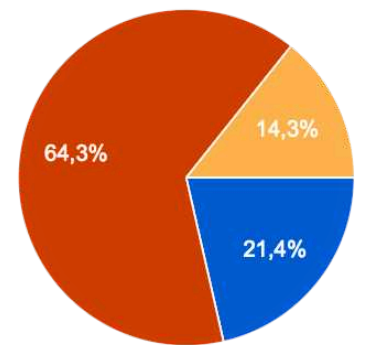
Problem med fliserne

Efter installationen oplevede Benjamog, at hans fliser (50cm x 50cm x 2cm) knækkede i midten. Han løste problemet ved at placere en terrassefod i midten af flisen for at skabe yderligere stabilitet under flisen.

Spørgeskemaundersøgelse

For at forstå brugersegmentet endnu bedre blev der lavet et nyt spørgeskema, som rettede sig mod erfarne gør-det-selv personer. Spørgeskemaet blev sendt ud i samtlige "gør-det-selv" facebookgrupper med en samlet rækkevidde på omkring 250.000 kontoer. 14 brugere responderede til spørgeskemaet, hvoraf erfaringsniveau kan ses på cirkeldiagrammet. 4 ud af 14 kendte til terrassefodder, men ingen af respondenterne havde anvendt terrassefodder. En respondent havde fravalgt terrassefodder på grund af pris, og en anden respondenterne havde fravalgt terrassefodder på grund af at "det er lettere at nivellere bjælkerne og derefter at klodse op".

Svarprocenten i denne undersøgelse var meget lavt, og det er derfor svært at drage gyldige konklusioner på baggrund af den. Dog peger nogle svar på det faktum, at erfarne håndværkere har mindre behov for brugervenlige/"nemme" løsninger.



- Uddannet håndværker el. anden relateret uddannelse
- Vel-udøvet gør-det-selv-person
- Har lidt erfaring med tidligere husprojekter
- Kan de mest basale færdigheder
- Meget lidt / Ingen erfaring

Sammenfatning af brugerundersøgelse

Følgende problemer blev fundet under brugerundersøgelsen for hhv. private brugere og professionelle brugere

Private brugere

- Prioritering af nem installation
- Styrkebekymringer
- Lavt kendskab til terrassefodder
- Villighed til at installere en ny terrasse er høj
- Højt tidsforbrug i planlægningsfasen
- Udfordringer ved installation langs mur

Professionelle brugere

- Besværlig efterjustering
- Selvnivellering har begrænset virkning
- Styrkebekymringer
- Lavt kendskab til terrassefodder

6 Problemdefinition

I dette afsnit samles alle problemer i forhold til installation af en ny terrasse ved brug af terrassefødder, som blev fundet i *Produktanalysen*, *Markedsundersøgelsen* og *Brugerundersøgelsen*. For at skabe overblik over problemernes omfang og sammenhæng kortlægges de ved hjælp af en user journey, der viser udfordringer i hver fase af installationsprocessen. Et problemtræ i sammenkobling med et objectives tree vil omsætte problemer til overordnede mål og krav for det videre idéarbejde. Til slut bliver de mest centrale problemer belyst i en samlet problemstilling.

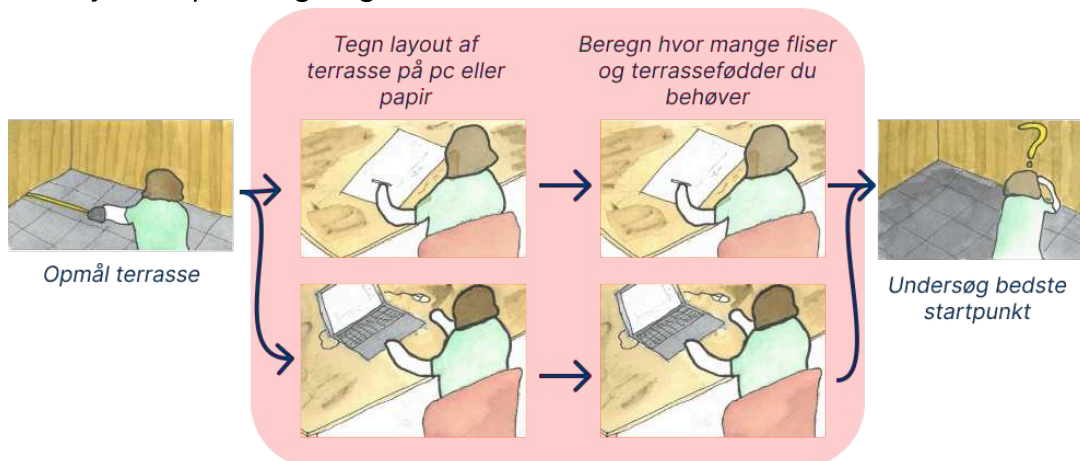


6.1 User journey

For at danne et overblik over de mest væsentlige nedslagspunkter ved installation af en ny fliseterrasse, er der udarbejdet en user journey baseret på produktanalysen og brugerundersøgelsen.

Planlægningsfasen

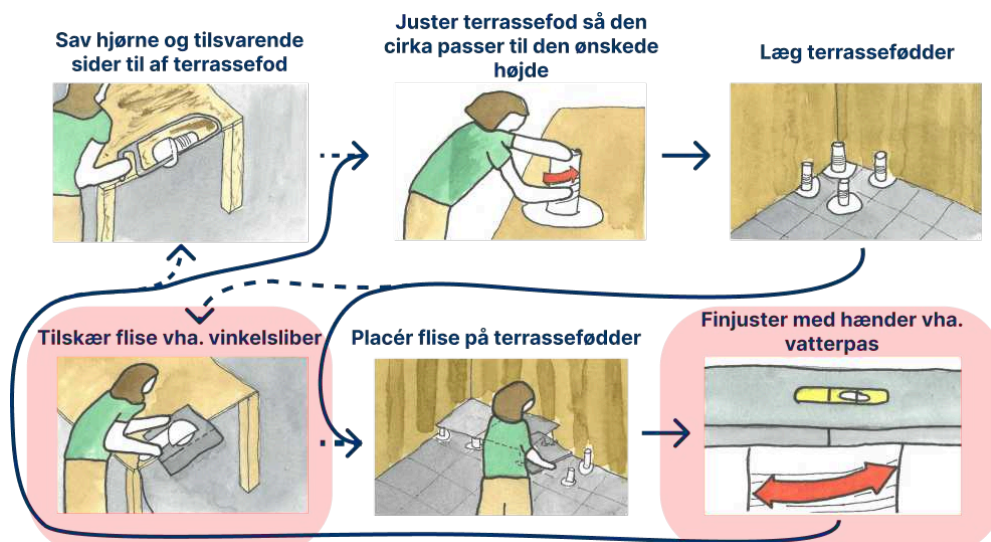
Ud fra interviewet med Rene under brugerundersøgelsen blev planlægningsfasen identificeret som et nedslagspunkt med plads til forbedringer. Han nævnte, at han brugte lige så lang tid på planlægningsfasen som på selve installationen af terrassen. User journeyen af planlægningsfasen kan ses herunder.



User journey af planlægningsfasen (P 1.1 - User Journey af terrasselægning)

Installationsfase

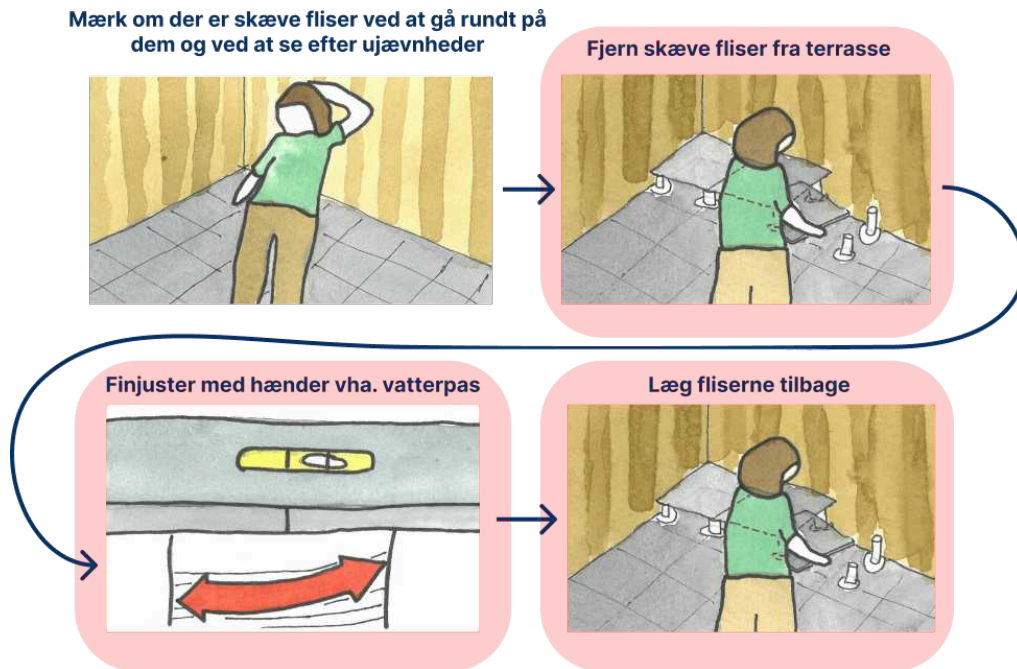
I denne fase er de mest besværlige brugssegmenter tilskæring af flise og finjustering. Det kræver specialiseret værktøj som en fliseskærer, vinkelsliber eller betonskærer at skære fliser til, hvis de købte fliser ikke passer på den ønskede terrasse. Disse er dyre, svære og intimiderende værktøjer at benytte som privatperson. Gennem interne og eksterne produkttests blev det fundet, at finjustering af terrassefodderne efter at fliserne er blevet lagt er et besværligt og tidskrævende brugssegment af at installere en ny fliseterrasse. User journeyen af installationsfasen kan ses herunder.



User journey af installationsfasen (P 1.2 - User Journey af terrasselægning)

Efterjustering

Underlaget af gamle fliser kan bevæge sig over tid, hvilket medfører, at den nye fliseterrasse også bevæger sig. Dette skal korrigeres for at jævne fliserne igen. For at kunne efterjustere terrassefodder under fliserne skal fliserne løftes, og terrassefodder skal genindstilles hvilket er en langsom, besværlig og udmattende process.

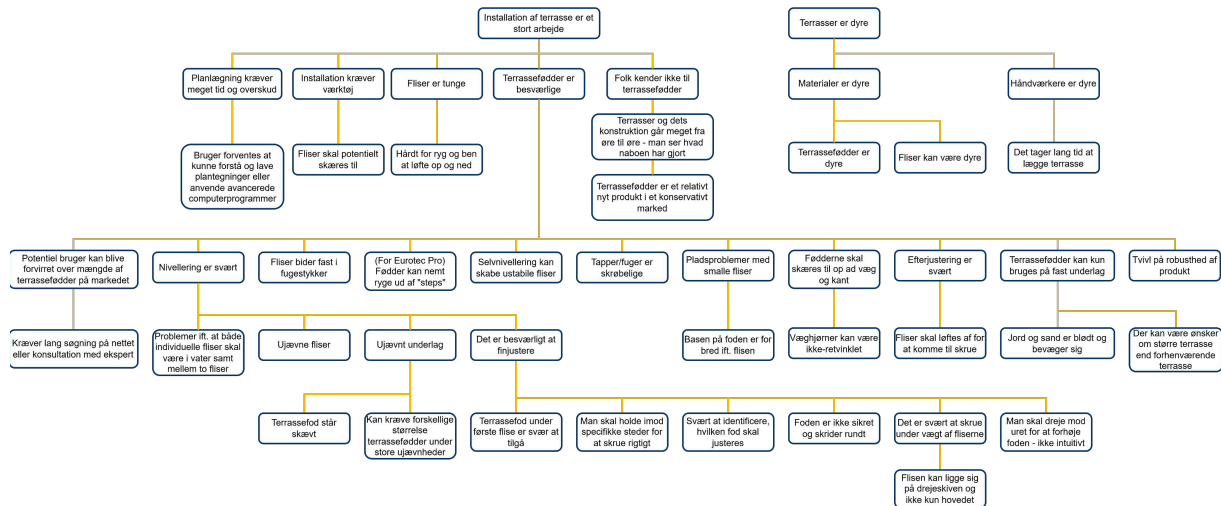


User journey af efterjustering (P 1.3 - User Journey af terrasselægning))

Hermed er det identificeret, hvilke processer i brugerrejsen, der kan forbedres i den kommende konceptudvikling.

6.2 Problemtræ

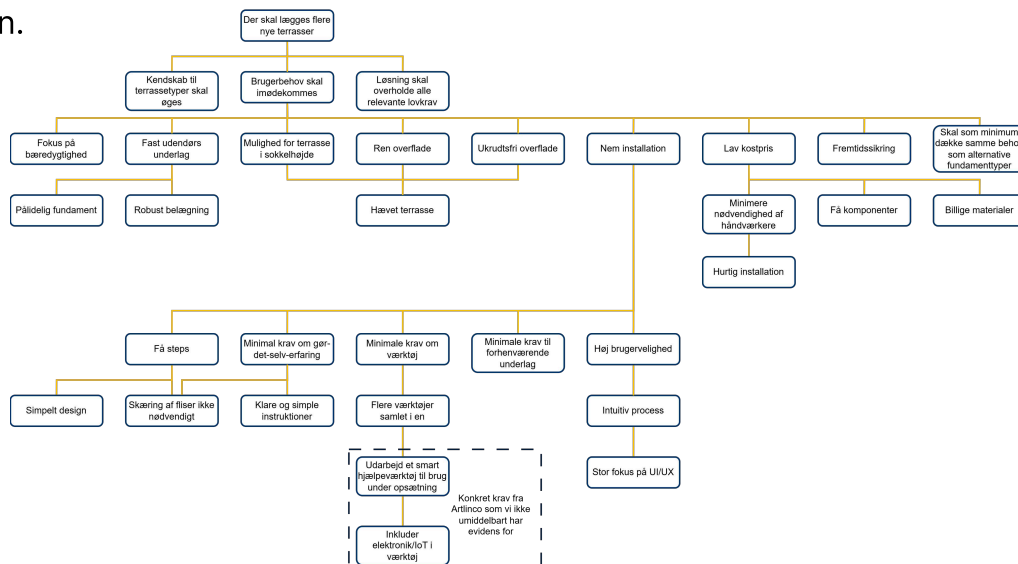
For at skabe et bedre overblik over de identificerede problemstillinger fra *Discover*-fasen blev der udarbejdet et problemtræ. Problemtræet visualiserer sammenhængene mellem de forskellige udfordringer ved at nedbryde dem i mere konkrete delproblemer (Cross, Nigel. (2021)). Jo længere ned i træet problemerne placeres, desto mere specifikke bliver de, hvilket gør det lettere at identificere problemets kerneårsager.



Problemtræ (se D 2.1 - Problemtræ for en stor udgave)

6.3 Objectives tree

Som en forlængelse af problemtræet og som forberedelse til konceptudviklingsfasen blev der udarbejdet et objectives tree. Formålet er at omsætte identificerede problemstillinger til overordnede mål og krav for det videre idéarbejde (Cross, Nigel. (2021)). Nye koncepters succes vurderes delvist ud fra deres evne til at understøtte målene i objectives tree, som et kvalitativt evalueringsgrundlag. Metoden anvendes som et alternativ til en traditionel *kravspecifikation* og *kravmatrix*. Disse metoder opererer ofte med et højere detaljerings- og kvantificeringsniveau. Fravalget af de to metoder skyldes derfor, at projektet befinder sig på et overordnet konceptuelt niveau, hvor et højt detaljerings- og kvantificeringsniveau vurderes at være for tidligt i processen.



Objectives tree (se D 4.1 - Objectives tree for en stor udgave)

6.4 Problemformulering

Ud fra den viden som blev fundet i *produktanalysen*, *markedsundersøgelsen* og *brugerundersøgelsen*, er følgende problemformulering lavet.

Problemstilling

Terrassefødder er et produkt, der kan gøre terrasselægningen betydeligt nemmere for privatpersoner. De reducerer arbejdsbyrden ved at gøre det muligt at lægge en ny terrasse oven på den gamle, de tilbyder en nivelleringsfunktion samt udskiftelige hoveder til både træ- og fliseterrasser og sidst men ikke mindst fjerner de risikoen for ukrudt mellem fliserne.

På trods af disse fordele bliver terrassefødder meget sjældent brugt af privatpersoner, hvilket bl.a. ifølge vores undersøgelse skyldes lav brugervenlighed, tvivl om produkternes robusthed og en generel uvidenhed om terrassefødder. Desuden er der store krav til, hvordan underlaget under terrassefødderne skal se ud.

Dette skaber en mulighed for at udvikle et brugervenligt og robust produkt, der er alsidigt ift. underlaget og hurtigt at sætte op. Man kan derved udvide markedet for terrassefødder til privatpersoner, da flere personer vil være i stand til at lægge deres egen terrasse frem for at hyre en håndværker.

Vision

Vi ønsker at skabe en løsning som gør det lettere og hurtigere for privatbrugere at installere en fliseterrasse. Løsningen skal give brugeren en selvsikkerhed om at installationen af fliseterrasser er en overskuelig opgave.

Lykkes dette, vil håndværkere og andre faglærte også få gavn af løsningen, da de får muligheden for at spare arbejdstimer.

6 spørgsmål, som projektet skal svare på

1. Hvordan gør man terrassefødder til den bedste måde at lægge en ny terrasse?
2. Hvordan gøres installationsprocessen af terrasser hurtigere?
3. Hvordan minimeres den følte arbejdsbelastning ved at installere en terrasse?
4. Hvordan kan man overskueliggøre planlægningsfasen af en ny terrasselægning?
5. Hvordan kan man lave en kosteffektiv terrassefod?
6. Hvordan designer man en versatil terrassefod?

Der er nu nok grundlag til at kunne begynde *develop*-fasen.

7 Konceptudvikling

Dette afsnit, som indleder develop-fasen, beskriver den systematiske proces for konceptudvikling. Indledningsvis defineres de nødvendige funktioner, som løsningen skal opfylde for at adressere problemstillingen. De definerede funktioner danner grundlag for en morfologisk analyse, hvor forskellige koncepter identificeres. Koncepter genereret fra morfologien videreudvikles efterfølgende gennem en mere dybdegående konceptudvikling.



7.1 Funktionsbestemmelse

For at opfylde brugerens behov bedst muligt, skal alle tre faser af brugerrejsen udforskes.

1. Planlægningsfasen
2. Installationsfasen
3. Efterjustering

Ud fra brugertests og produktanalyse peger det på, at en kombination af tre løsninger kan understøtte brugeren bedst muligt i installationsprocessen af en ny fliseterrasse.

De tre løsninger omfatter:

- **Terrassefødder**, som fungerer som bærende elementer for fliseterrassen
- **Et hjælpeværktøj**, der understøtter brugeren under installationen
- **Et projekteringsværktøj** til planlægning af terrasseinstallationen.

Samspillet mellem disse løsninger vurderes at kunne bidrage til en mere overskuelig og brugervenlig installationsproces. For at undersøge hvilke funktioner de enkelte løsninger bør indeholde, blev der gennemført en brainstorm med udgangspunkt i den tidligere udforskning af problemrummet. Funktionerne i den nye løsning skal både bygge videre på fordelene ved eksisterende produkter og samtidig adressere de identificerede problematikker. Funktionerne, som det nye design af terrassefødderne skal opfylde, beskrives i følgende afsnit.

Funktioner af terrassefødder

Følgende funktioner skal være inkorporeret i det endelige designforslag af terrassefødderne.

Højdejustering

Højdejusteringen kan korrigere for en gammel terrasse der hælder, ved at brugeren indstiller terrassefødderne i forskellige højder afhængigt af hældningen. Dette behov blev fundet under de udendørs produkttests.

Derudover kan brugerens potentielle behov for at hæve fliseterrassen, således at den nye fliseterrasse flugter med et indendørs gulv, mødes. Dette behov blev belyst i interviewet med Rene.

Håndtering af ujævnt underlag

Det er vigtigt at terrassefødderne kan håndtere en skæv og ujævn fliseterrasse. Det vil lette brugeroplevelsen markant, hvis håndteringen af ujævnt underlag løses af terrassefoden. Dette problem blev belyst under produkttestene.

Versatilitet ift. installation af forskellige terrassetyper

For at sikre, at terrassefødderne kan anvendes til forskellige terrassetyper (fx træ og kompositmaterialer) uden efterfølgende designændringer, skal modularitet prioriteres i de tidlige designbeslutninger.

Fjernbar afstandssikring af fliser

Terrassefødderne skal kunne placeres delvist eller fuldstændig dækket af ovenpå-liggende fliser for at give fuld understøtning i sider og hjørner op ad en mur. Derfor er det vigtigt at elementerne, der sikrer fugeafstanden mellem terrassefødderne, er aftagelige. Terrassefødderne vil være delvist dækket af fliser, hvis terrassefødderne skal placeres op ad en mur, dette blev set i produkttestene, og i interviewet med Rene.

Skridsikring

Under produkttesten blev det fundet at terrassefødderne skrider under installationen. Dette besværliggør installationsprocessen, og det endelige design skal tage højde for dette.

Efterjustering

I årene efter installation af en ny terrasse opstår ofte behov for efterjustering. Dette er en funktionalitet, som eksisterende produkter på markedet ikke håndterer tilfredsstillende. Under interviewet med sælgeren fra murerbutikken blev det tydeligt, at han råder sine kunder til at løfte fliserne før efterjustering; dette er på trods af, at producenternes design burde muliggøre justering uden at fjerne fliserne. Denne praksis indikerer et klart diskrepans mellem designintention og praktisk anvendelighed.

Justeringskraft

Det skal undersøges, hvilke metoder der er tilgængelige til højdejustering af fliseterrassen, og hvilke kræfter der kan bruges til at udføre denne justering.

Mulighed for placering op ad væg og hjørne

Det skal være muligt at placere fødderne helt op ad en væg, således fliserne kan understøttes korrekt.

Hjælpeværktøj

Følgende funktioner skal opfyldes af hjælpeværktøjet.

Måle vater/vinkel

For at værktøjet kan fortælle brugeren hvornår terrassen ligger i vatter, skal værktøjet kunne måle vatter.

Indikere korrekt højde

Værktøjet skal kunne fortælle brugeren om terrassefødderne skal hæves eller sænkes under installationen.

Indstilling af mål

Hvis brugeren ønsker at indstille terrassen i en given vinkel, skal dette også kunne indstilles.

Projekteringsværktøj

For at hjælpe brugeren med at planlægge installationen af den nye fliseterrasse, skal et online-program udvikles. Følgende funktioner skal være inkluderet i dette program.

Udregne placering af terrassefodder

Programmet skal kunne udregne og vise brugeren den bedste placering af terrassefodder for at minimere den plads som fliseterrassen ikke kan udfylde. Det er ikke indenfor scopet af projektet at lave et værktøj som kan tilskære fliser, hvilket vil sige at der i mange tilfælde vil være et område som ikke kan udfyldes af fliser. Projekteringsværktøjet vil hjælpe med at minimere dette område mest muligt.

Vise alternative flise-konfigurationer

Hvis brugeren ønsker at lave andre flisekombinationer ved brug af større eller mindre fliser, skal dette også være muligt.

Beregne antal fliser & terrassefodder

Værktøjet skal kunne beregne antal fliser og terrassefodder som brugeren skal anvende for at installere en ny fliseterrasse.

Beregne kostpris

For at give brugeren prisen for at installere en ny fliseterrasse, skal værktøjet kunne udregne omkostninger.

Udarbejde byggeplan/brugsanvisning

Værktøjet skal give brugeren brugsanvisning til den bedste rækkefølge at installere fliseterrassen på.

7.2 Morfologi

Som første led i konceptudviklingsfasen blev der udarbejdet en morfologi ud fra de bestemte funktioner (Cross, Nigel. (2021)). Morfologien blev her delt op i to: én del til terrassefoden og én del til hjælpeværktøjet. Projekteringsværktøjet blev fravalgt i denne proces på baggrund af projektets tidsramme samt vurderingen af, at der i forvejen findes eksisterende værktøjer som allerede opfylder mange af de ønskede funktioner (Profilitec, 2022 Januar). Det blev derfor vurderet mere relevant at fokusere udviklingsarbejdet på de to øvrige løsninger.

Første del af morfologien kan ses nedenfor. Der blev i alt udviklet otte forskellige koncepter til terrassefødder, hvoraf de tre mest lovende præsenteres og uddybes i de følgende afsnit. Alle koncepterne kan findes i bilag (I 3).

Morfologi - Terrassefod

Højdejustering	Gevind	Trinvis indstilling af højde	Kiler	Klodser der klikker ind i hinanden	Teleskopgevind	Sakslejt	Rack and pinion		
Håndtering af ujævnt underlag	Kuglebeslag	Kiler	Skrubare fødder	Hængesel	Skubefret drejebred	Bejlelige bundsegmenter	5 punkts fod	Skub ydering	1 støttepunkt
Modularitet ift. installation af forskellige terrassetyper	Nyt produkt	Udskiftelig fugeelement	Udskifteligt hoved	Mushoved der presses på flere terrassetyper					
Fjernbar afstandssikring af fliser	Aftrækkelig balk	Kilde af afstandsklod	Klod på skinn	T-formet mellemrum med vinkelstift	Vinkelstift	Klod på svag fjeder	Kan kludses af, men sættes på igen		
Skridtsikring	Gummibelægning	Dedikeret holdeløse	Fod-flange	Bundstykke er lavet til at dreje	Fæstnet til underlag	Glitter/ramme			
Efterjustering	Bit til boremaskine	Justeringshjul	Alvende fugeklod til at sætte flise, og på justere	Klo som griber om foden og løfter/sænker					
Justeringskraft	Hænder	Boremaskine							
Mulighed for placering op ad væg og hjørne	Skærefløj	Top & bund i samme bredde	Aftrækkelige dele	Klik løsning	Segmenteret fod	Dedikerede fødder			

Morfologi til terrassefødder - Se (I 2.1 - Morfologiskema af terrassefødder) for en stor udgave

Ud fra anden del af morfologien blev der sammensat og udviklet ti koncepter til hjælpeværktøjer. Det mest lovende koncept heraf præsenteres og uddybes ligeledes i de følgende afsnit. Alle koncepterne kan findes i bilag (I 4.1) til (I 4.9)

Morfologi - Hjælpeværktøj

Måle vater/vinkel	Vaterpas	Elektronisk vinkelmåler	Lodniveau	Hydrostatisk sensor	Snor & vinkelmåler	Laser	Mobiletelefon		
Indikere korrekt højde	LED-lys	Lyset	Skive	Taktisk feedback	Skive med intervaller	Automatisk indstilling	Skærm	Indikator for korrekt højde	Boremaskine mister greb ved korrekt højde
Indstilling af mål	Snor / manuel beregning	Digitalt	Vinkelmåler	Multi-indikation på vaterpas					

Morfologi til hjælpeværktøj - Se (I 2.2 - Morfologiskema af værktøj) for en stor udgave

Trefod - Terrassefødder

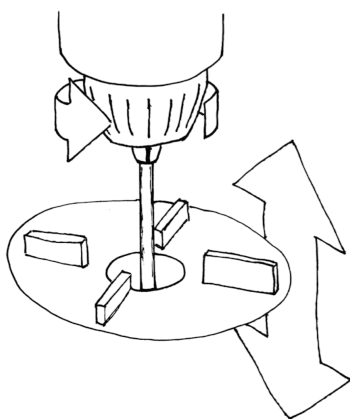
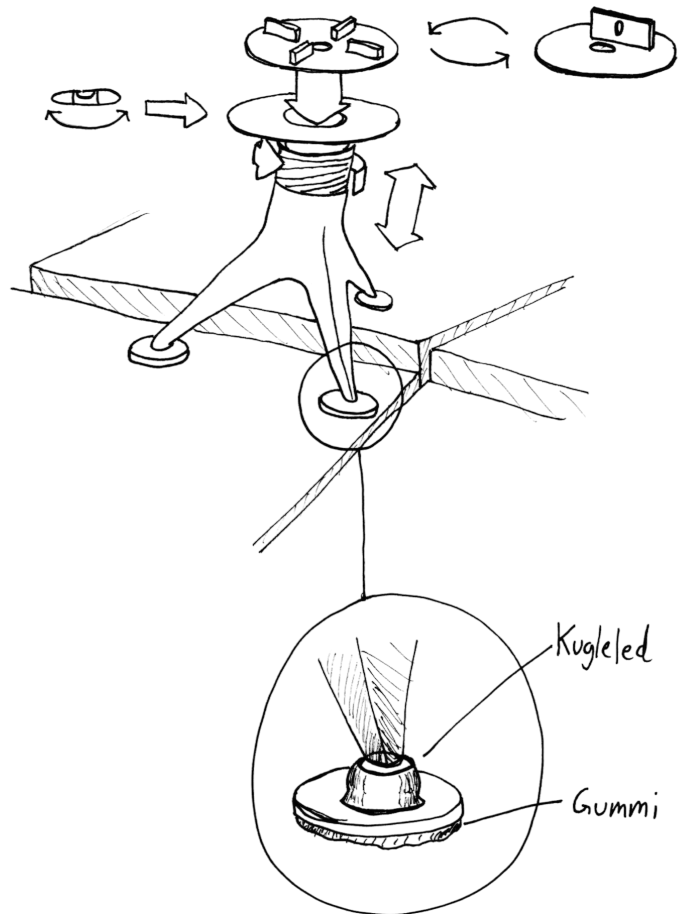
Dette koncept tager udgangspunkt i, at tre punkter danner et plan.

Trefodens kontaktpunkter til det underliggende fundament er fordelt på tre ben, hvilket tillader trefoden at stå stabilt på ujævne fliser. De tre ben har "sko" med kugleled for at øge stabiliteten. Underlaget af de tre fødder er belagt med gummi for at skridsikre terrassefoden.

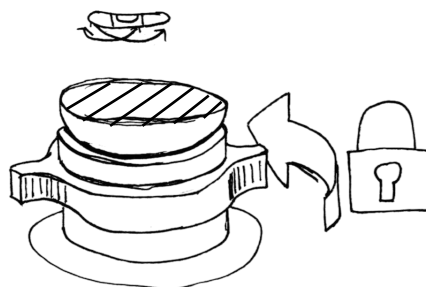
I toppen af trefoden er der et selvnivellerende hoved, så den ovenpåliggende fliseterrasse nivelleres korrekt. Det selvnivellerende hoved kan låses, så terrassen forbliver i vatter. Den øvre del af hovedet kan udskiftes for at tillade installation af forskellige terrassetyper.

Højdejusteringen af trefoden foretages ved hjælp af en skruemaskine for at gøre installationsprocessen lettere og hurtigere. Trefodens hoved har samme bredde som benene, hvilket tillader brugeren at placere trefoden op ad en væg uden at skulle modificere produktet.

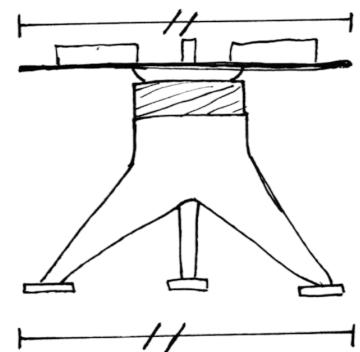
En umiddelbar vurdering af trefodens ulemper er mængden af unikke komponenter, som skal produceres, for at denne løsning kan laves, hvilket øger produktionsomkostningerne. Et andet nedslagspunkt ved trefoden er styrkebekymringer for, om trefodens ben ikke deformeres under belastning.



Højdejustering med skruemaskine



Låsbart selvnivellerende hoved



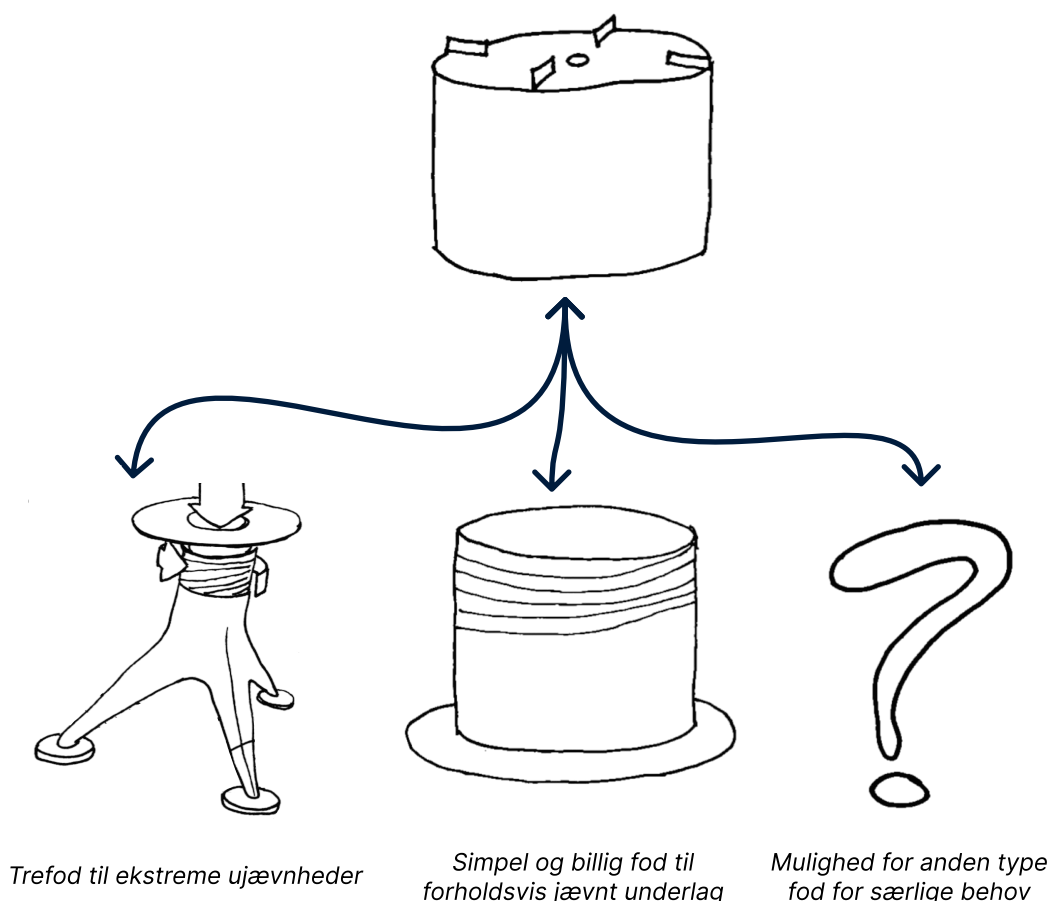
Hoved og fod samme bredde

Kombi - Terrassefodder

Denne løsning adresserer de forventede høje produktionsomkostninger ved trefoden gennem en modulær tilgang, der giver brugeren fleksibilitet til at vælge fundament baseret på underlagets stand.

Ved at anvende en billigere flad fod til plant underlag kan brugeren reducere omkostningerne betydeligt, mens trefodden bruges til situationer med ujævnt underlag. Dette modulære system optimerer pris-ydeevne-forholdet.

Trefodden er identisk med løsningen i det forrige koncept. Hovedet i kombiløsningen er designet ud fra et modularitetsprincip, hvilket gør det kompatibelt med forskellige fundamenttyper. Den flade fod er designet med inspiration fra eksisterende terrassefodder på markedet. Begge terrassefodder højdejusteres ved hjælp af skruemaskine for hurtig og effektiv installation. Terrassefodderne er udstyret med gummiunderlag for at forhindre forskydning og beskytte underlaget. Toppen af terrassefodden hoved er udskifteligt for at tillade brug ved andre terrassetyper. Det skal undersøges, hvorvidt det giver økonomisk mening at lave forskellige produkter på denne måde.



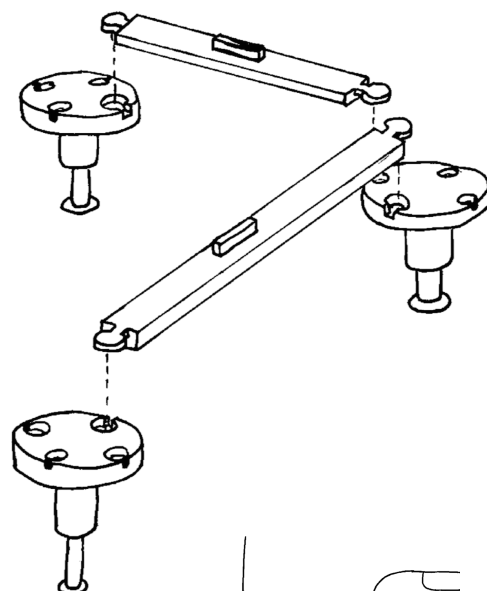
Gitter - Terrassefodder

Gitter-konceptet er udviklet med fokus på at minimere kontaktfladen med underlaget. Fodderne er dermed mere versatile ift. deres underlag, da de eksempelvis er mindre i stand til at stå og vippe.

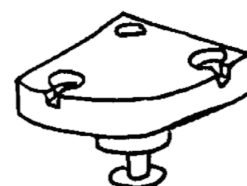
Dette kan være tilfældet med nuværende terrassefodder, da den store kontaktflade kan ende med at skabe et udhæng, hvis foden f.eks. placeres mellem to meget ujævne fliser.

Da kontaktfladen i dette koncept er en del mindre, bliver foden i stedet stabiliseret med bjælker, der forbinder alle fodderne i et gitter. På den måde hjælper alle fodderne med at stabilisere hele konstruktionen. Fodder og bjælker skal nemt kunne klikkes sammen, så man kan bygge hele sit gitter ud først og derefter lægge fliser på. Dette kan også være med til at lette arbejdsbyrden en smule, da man slipper for at bixse med tunge fliser under finjusteringen af fodderne. Endvidere skal fodderne kunne indstilles vha. en skruemaskine fra toppen. Der skal tages stilling til, hvordan fodderne i hjørner og sider skal se ud, men dette kunne eksempelvis løses med tilpassede dele, der ikke kommer til at rage for langt ud under fliserne.

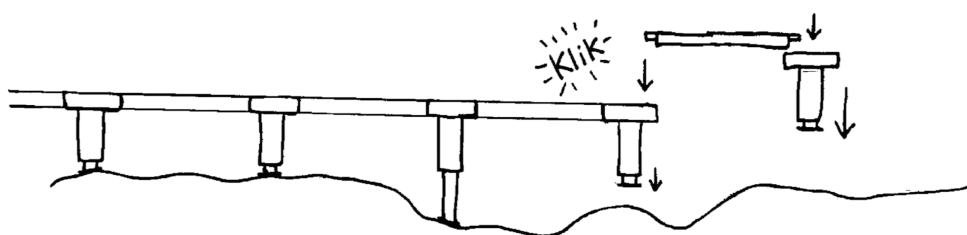
Ulemperne herved er bl.a., at der er brug for flere komponenter til terrassen, hvilken kan gøre løsningen en smule dyrere. Der skal også undersøges, hvorvidt konstruktionen er stabil og holdbar nok på trods af den lille kontaktflade.



Fodder højdejusteres med skruemaskine for hurtig montering



Tilpassede dele til hjørner og sider

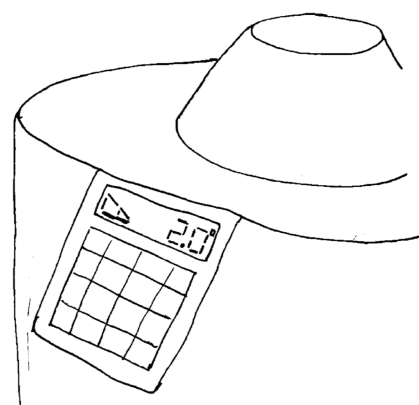


Enkelte støttepunkter giver støtte selv på ujævnt tærræn

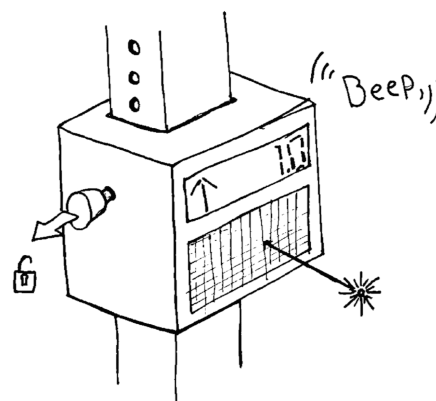
Laserguide - Værktøj

Et af koncepterne på et nyt hjælpeværktøj tager udgangspunkt i en såkaldt rotorlaser/linjelaser. Disse værktøjer bliver normalt brugt i byggebranchen til at lave et laserplan og til terræn-opmåling. Konceptet går ud på, at der placeres en rotorlaser el. en linjelaser i hjørnet af den nye terrasse på den første flise, der bliver lagt. Der bliver derefter sendt et laserplan ud over arbejdsområdet perfekt i vater. En lasermodtager kan dernæst bruges til at måle højden af de kommende terrassefodder op mod laserplanet og indikere, hvorvidt foden skal hæves eller sænkes. På den måde bliver alle fodder justeret op til det samme udgangspunkt, hvilket burde resultere i en terrasse, der ligger helt i vater.

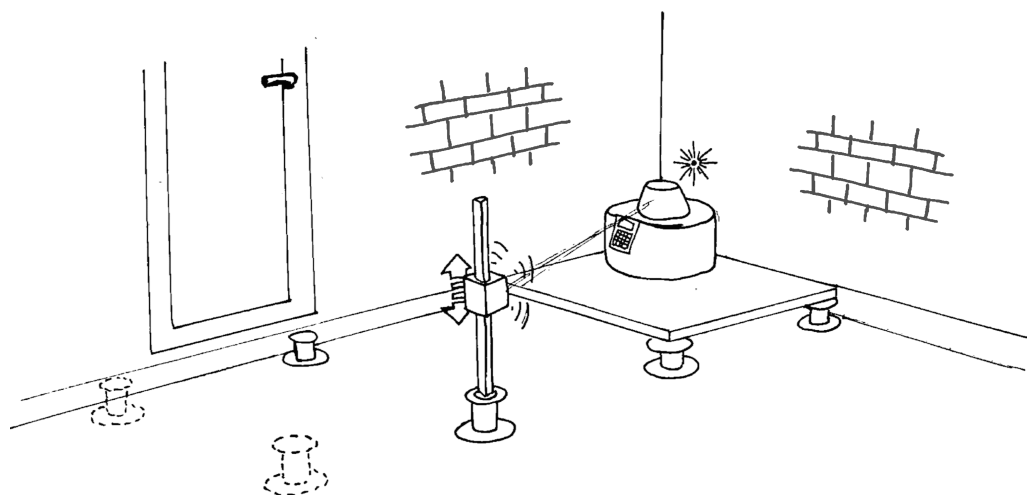
Modtageren skal både have en visuel indikation om, hvordan foden skal justeres, og der kan suppleres med biplyde. Både rotorlaser/linjelaser findes i forvejen og de bruger begge tilsvarende en lasermodtager. Konceptet fokuserer dermed primært på integrationen af disse værktøjer i en ny sammenhæng frem for udviklingen af et helt nyt værktøj.



Laserudsender (rotorlaser)

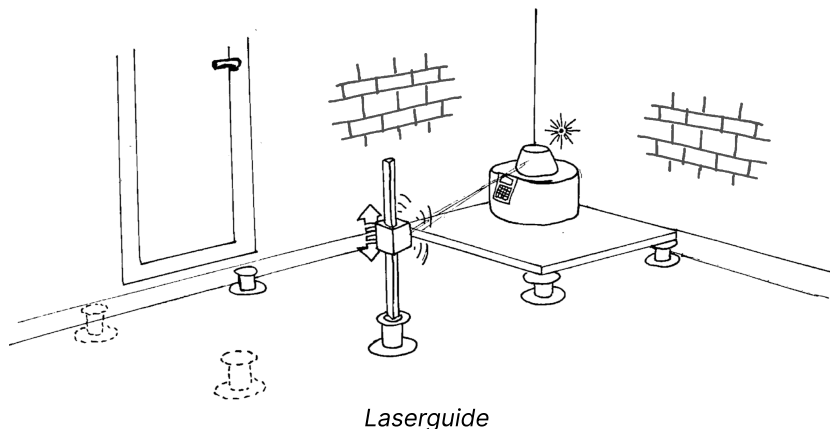
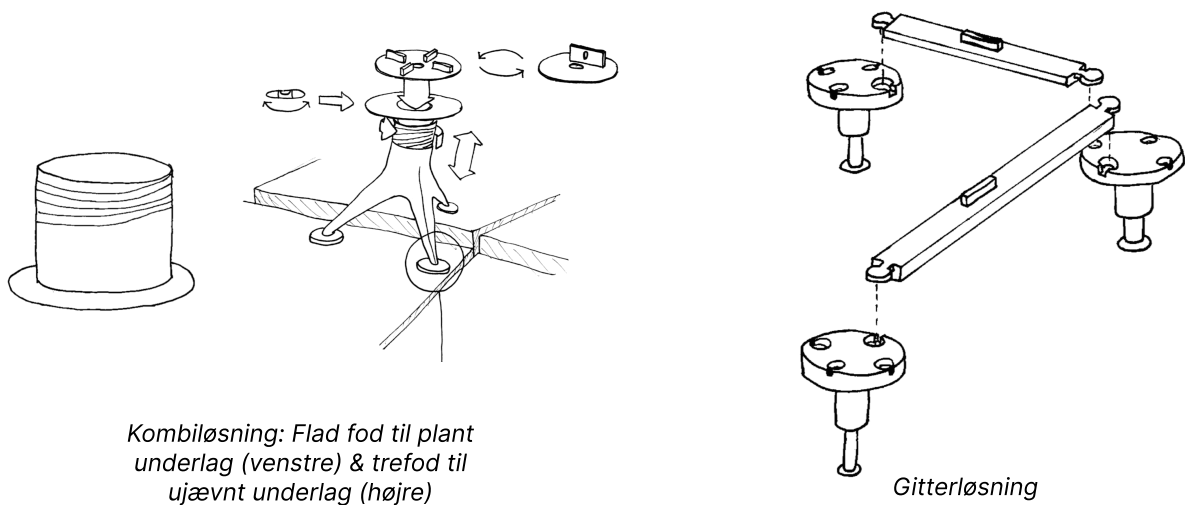


Lasermodtager



8 Konceptmodning 1

Dette afsnit påbegynder den endelige del af Double-Diamond, nemlig Deliver-fasen. Ud fra overvejelser om koncepter, blev de mest lovende løsninger udvalgt til viderearbejde. De udvalgte koncepter for terrassefødderne er *gitterløsning* og *kombiløsning*. Det mest lovende værktøj er *laserguide*. I følgende afsnit vil disse koncepter blive evalueret og videreudviklet på baggrund af prototyper og tests.



8.1 Prototype af koncepter

For at evaluere de valgte koncepter udvikles der lavfidelitets-prototyper, som testes internt for funktionalitet og brugervenlighed. Testresultaterne bruges til at forbedre designet og udarbejde CAD-modeller, som præsenteres for professionelle håndværkere og privatbrugere. Dette sikrer, at det præsenterede koncept er visuelt klart og funktionelt valideret, før der investeres i højfidelitets-prototyper.

Følgende prototyper skal laves.

1. Gitterkonstruktion - Terrassefodder
2. Trefoden - Terrassefodder
3. Laserværktøjet - Hjælpeværktøj

Prototyperne vil blive testet individuelt, så hvert koncept kan evalueres og forbedres, før der træffes beslutning om den videre udvikling.

Prototype af gitterkonstruktion

For at kunne prototype gitterkonstruktionen blev der købt møbelfodder, som skulle fungere som gevindet i gitterkonstruktionen. Bjælkerne og bittet til skruemaskinen blev laserskåret. Følgende fund blev gjort under testen af prototypen:

Tolerancer betyder meget

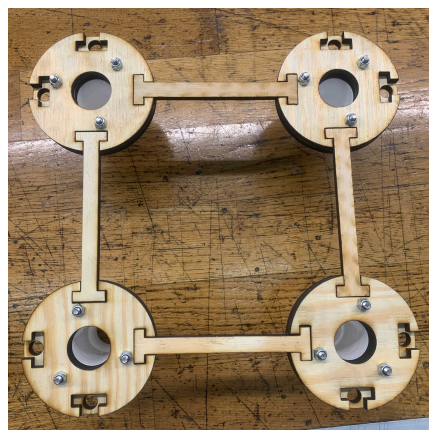
Det blev fastslået, at tolerancen mellem bjælkerne og terrassefodderne er essentiel, da der ellers ville være for meget ustabilitet og spil i gitterkonstruktionen.

Besværlig finjustering

Gevindet på møbelfodderne havde en høj gevindstigning, hvilket besværliggjorde justeringen betydeligt. Det er ydermere svært at vide, hvornår gevindet er skruet helt i bund.

Bekymringer om styrke

De individuelle terrassefodder er meget stærke i sig selv, men bjælkerne er svage og knækker let.



Udvikling af gitter på baggrund af prototype

På baggrund af svaghederne, som blev kortlagt under test af prototypen, udarbejdes der nu en CAD-model, som løser problematikkerne.

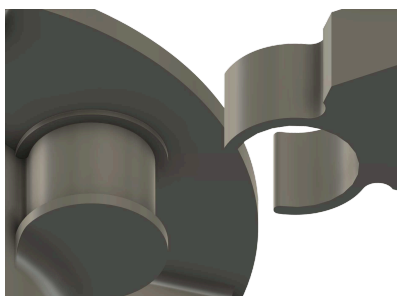
C-clips til at imødekomme tolerance mellem bjælke og terrassefodder

C-clips klemmer bjælkens forbindelse til terrassefoden sammen, hvilket reducerer behovet for høj tolerancepræcision og minimerer spil i konstruktionen.

Forstærkninger

For at forstærke bjælkerne tilføjes der en ekstra forbindelse mellem bjælkerne og terrassefodderne.

For at placere mest vægt direkte på terrassefodderne rykkes bjælkernes placering ned, så fliserne hviler på terrassefodderne i stedet for på bjælkerne. For at øge styrken af terrassefoden tilføjes der ribber.



C-clip

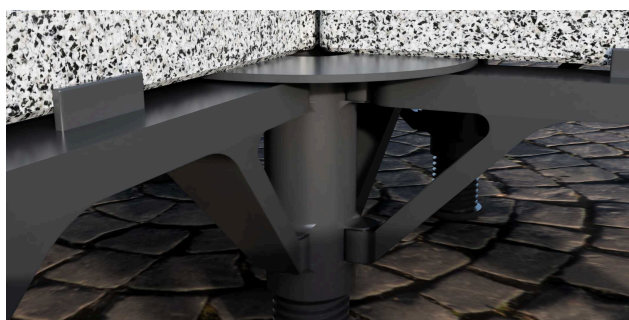
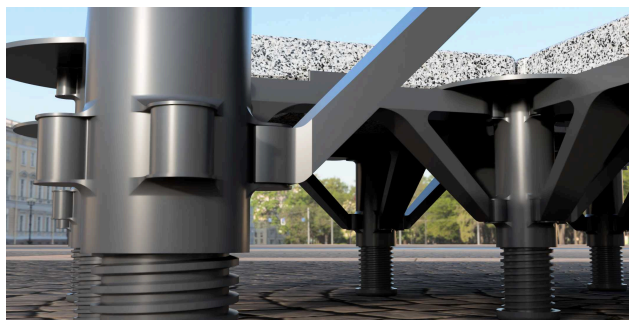


Ribber



Tilføjelsen af en forbindelse mellem bjælke og terrassefodder

Følgende produktbilleder blev fremstillet ud fra disse designbeslutning:



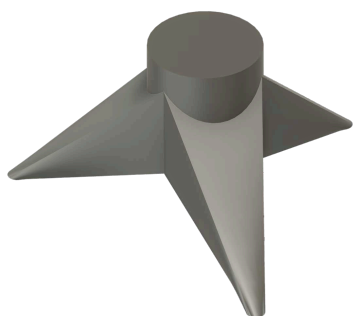
Prototype af kombiløsning

Formålet med denne prototype er at undersøge styrkerne og svaghederne ved kombiløsningen, som består af to terrassefødder:

- Flad fod – til plane overflader
- Trefod – til ujævnt underlag

Da den flade fod allerede findes i mange varianter på markedet, fokuseres prototypetesten udelukkende på trefoden. For at evaluere trefodskonceptet blev der 3D-printet tre komponenter:

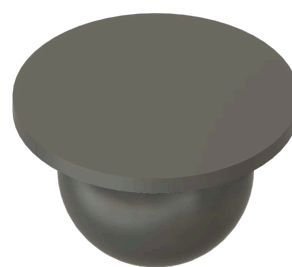
1. Basen
2. Holder til selvnivellerende hoved
3. Selvnivellerende hoved



1. Basen



2. Holder til
selvnivellerende
hoved



3. Selvnivellerende
hoved

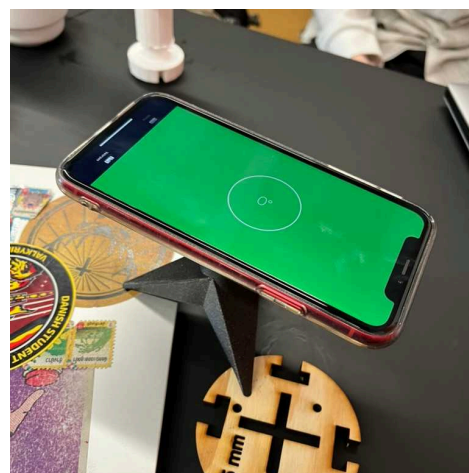
Basen og holderen til det selvnivellerende hoved blev limet sammen efter 3D-print, hvorefter det selvnivellerende hoved blev presset på holderen. Prototypen blev testet på ujævnt underlag, og følgende observationer blev gjort:

Funktionsdygtig

Prototypen demonstrerede effektiv selvnivellering. Hovedet kunne kompensere for ujævnheder i underlaget og opnå vandret position (verificeret med vaterpas-app), hvilket validerer konceptets grundlæggende funktionalitet.

Forudsete besværligheder ved højdejustering

Det selvnivellerende hoved skaber flere udfordringer for integrationen af et højdejusterende gevind. Det kugleformede led roterer frit og kan ikke overføre drejemoment fra skruemaskinebittet til gevindet i bunden. Der er begrænset plads til et gennemgående gevind gennem det selvnivellerende hoved. I det kommende afsnit, mitigeres dette problem.



Udvikling af kombiløsning på baggrund af prototype

På baggrund af svaghederne, som blev kortlagt under test af prototypen, udarbejdes der nu en CAD-model, som løser problematikkerne.

Tilføjelse af gevind

For at tillade højdejustering tilføjes et gevind mellem det selvnivellerende hoved og basen.

Højdejustering ved brug af skruemaskine

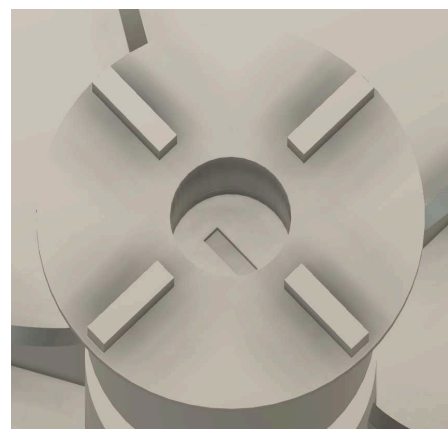
For at omgå problemet med det frit roterende kugleled, er gevindet placeret under det selvnivellerende hoved. Hullet i toppen af trefodden giver adgang til gevindet, så skruemaskinebittet kan gribe direkte i gevindet uden at skulle overføre moment gennem kugleledet.

Fugetapper

Der tilføjes fugetapper i toppen af terrassefoden for at kunne afstandssikre fliserne og opretholde ensartede fugebredder.

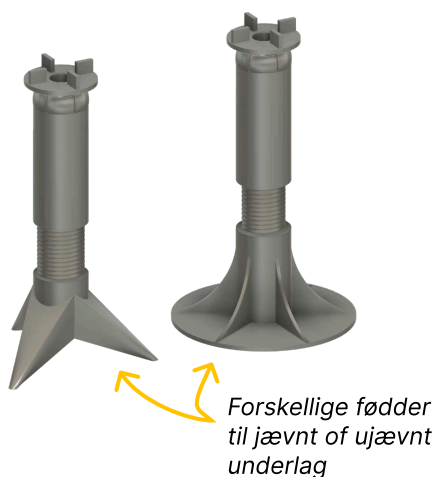


Gevind

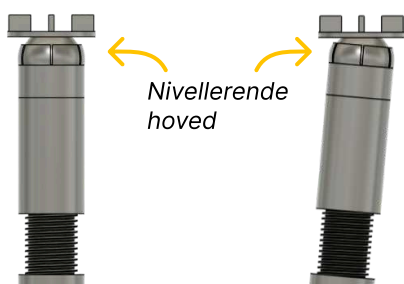


Tilføjelse af hul til bit (kærv) og fugetapper

Følgende produktbilleder blev fremstillet ud fra disse designtilføjelser:



Forskellige fødder til jævnt og ujævnt underlag



Nivellerende hoved



Prototype af laserværktøj

I denne prototype blev laserværktøjet undersøgt for at validere konceptets funktionalitet. Konceptet indebærer en rotationslaser og en lasermodtager, som fortæller brugeren, hvornår terrassefoden er højdeindstillet korrekt.

Det ville koste 500 kr. pr. dag at leje en professionel rotationslaser. Da formålet med denne test er at evaluere konceptet på et lavt fidelitetsniveau, blev der i stedet anvendt en simpel punktlaser som kunne simulere grundprincippet.

For at simulere lasermodtageren blev der monteret en bjælke med en rød streg på terrassefoden som ønskes at nivelleres. Den røde streg repræsenterer det punkt, hvor lasermodtageren ville registrere laserstrålen og give brugeren et signal (fx et bip eller en lysindikator). Når laserlinjen ramte den røde streg, indikerede det, at terrassefoden var i samme højde som referenceniveauet.



Testsetup



Hoved ikke i korrekt
højde og skal
indstilles



Hoved er i korrekt
højde efter
indstilling

Simplificering

Testen viste, at konceptet kunne være meget mere simpelt end først beskrevet i første udgave af konceptet. Det er ikke nødvendigt at have detaljerede indikationer med tal, da man bare skal vide, om der skal skrues op eller ned. Laseren og lasermodtageren i sammenspil var gode til at indikere korrekt højde.

Svært at aflæse korrekt højde

Det var svært at aflæse, hvor meget man skulle skrue for at nå den korrekte højde, da laserens lys ramte bjælken på siden. Man skulle derfor dreje hovedet på en akavet måde for at se, se hvor laseren rammer stregen.

Udvikling af laserværktøj på baggrund af prototype

På baggrund af fundene i testen blev følgende rettelser til designet lavet.

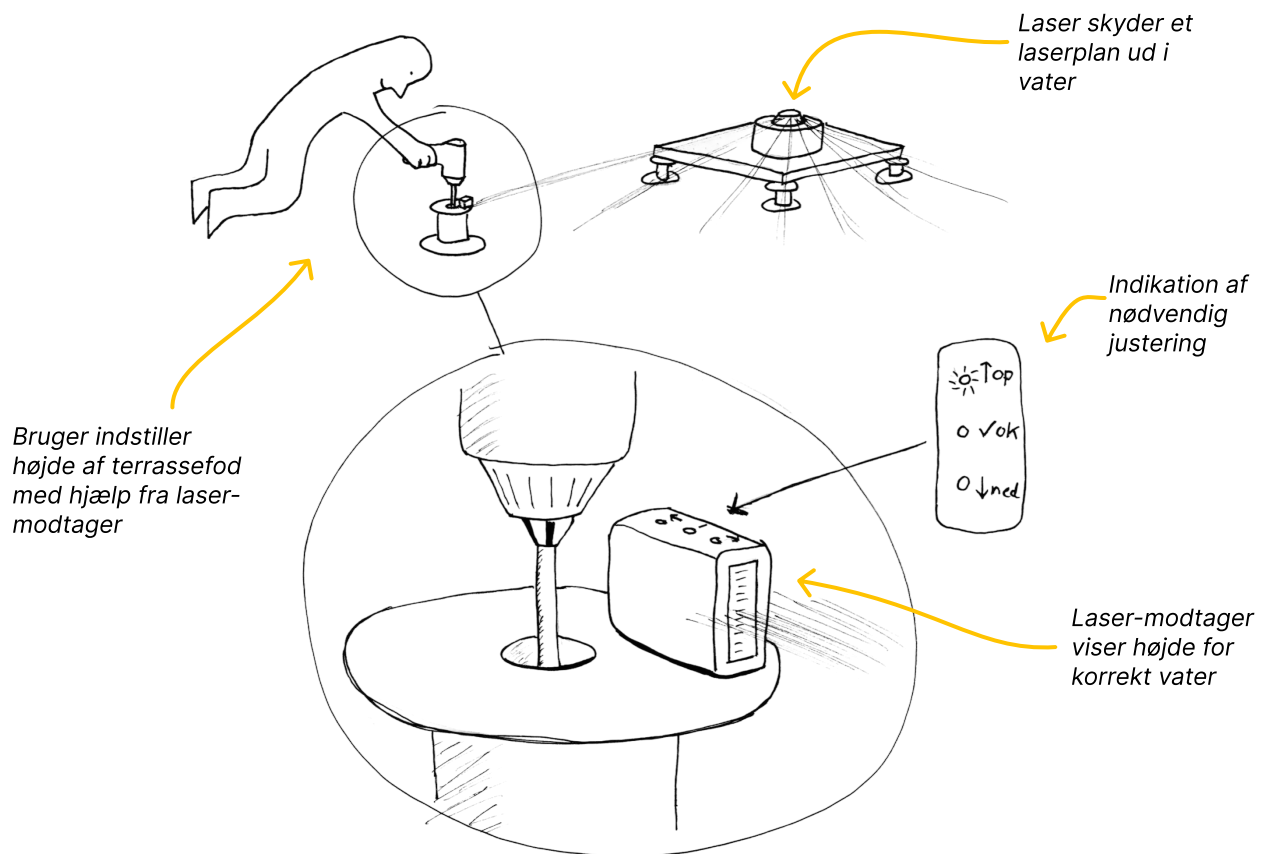
Simplere lasermodtager

Lasermodtageren blev gjort mindre, så den kun havde de nødvendige funktioner til at kunne modtage et lasersignal og indikere, om terrassefoden skal skrues op eller ned.

Indikation af justeringsretning indikeres på toppen

For at løse problemet med aflæsning fra siden placeres indikeringen af justeringsretning nu i toppen af lasermodtageren. Dette gør det muligt for brugeren at aflæse status direkte ovenfra under justeringsprocessen uden at skulle dreje hovedet eller ændre position.

Følgende illustration blev lavet på baggrund af disse fund.



9 Evaluerende brugerundersøgelser

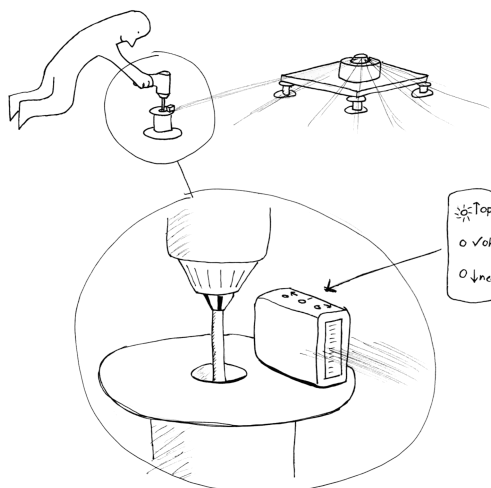
I dette afsnit evalueres koncepterne gennem samtaler med professionelle håndværkere og erfarne brugere. Visuelle repræsentationer af koncepterne i form af produktbilleder, skitser og illustrationer danner grundlag for samtalerne, hvor deltagerne opfordres til at vurdere koncepternes brugervenlighed, realiserbarhed og potentiale til at løse de identificerede problemer. Feedback fra evalueringen anvendes til at identificere det mest lovende koncept til videreudvikling.



Kombiløsning



Gitterløsning



Laserværktøj

9.1 Evaluering af koncepter

For at undersøge koncepterne blev der udført evaluerende brugerundersøgelser bestående af kvalitative interviews med professionelle håndværkere og uerfarne brugere. For at se noter fra undersøgelserne se bilag (B 7 - Midtvejsevaluering af koncepter).

9.2 Evaluering - Håndværker på DTU-værksted

I dette interview blev en erfaren håndværker fra træ- og metalværkstedet på DTU Skylab interviewet. Håndværkeren var positiv over for det overordnede koncept om at gøre installation af fliseterrasser mere brugervenlig og tilgængelig for erfarne brugere.

Vurdering af kombiløsning

Håndværkeren havde følgende bekymringer om kombiløsningen.

Styrkebekymringer

Håndværkeren udtrykte store styrkebekymringer ved kombiløsningen og tvivlede endda på robustheden af eksisterende terrassefodder. Denne problematik er gennemgående fra de indledende brugerundersøgelser, hvor spørgeskemaundersøgelserne også viste, at mange tvivlede på robustheden af terrassefodder.

Tvivl om kombination af løsninger

Håndværkeren mente, at kombiløsningen som koncept ikke var optimal. Han mente, at en one-size-løsning ville være bedst.

Vurdering af gitter

Håndværkeren havde følgende bekymringer om gitterløsningen.

Tolerancebekymring

En stor bekymring hos håndværkeren var tolerancerne på fliser. Da gitteret er låst i en fast position, skal det kunne håndtere fliser med store tolerancer, hvilket han mente kunne være problematisk.

Afslutningsprofiler

Håndværkeren stillede spørgsmål ved, hvordan terrassefodderne ville se ud i kanten af fliseterrassen, og udtrykte bekymringer om terrassefoddernes stabilitet i hjørner og sider.

Forskellige flisestørrelse

Yderligere spørgsmål blev stillet til anvendelsen af forskellige flisestørrelser. Han mente, at det ville være meget dyrt at skulle producere mange forskellige længder af bjælker. Han foreslog, at en bjælke, som kunne variere i længde, ville være en god løsning til dette.

Styrkebekymringer

Han mente også, at det er nødvendigt at lave styrkeberegninger, da han tvivlede på, at fliseterrassen kunne holde til ekstreme tilfælde.

Vurdering af laserværktøj

Han fremhævede laserværktøjet som særligt nyttigt, da han tidligere har oplevet lignende problemer med skæv installation af et solpanel på grund af manglende præcisionsværktøj.

Håndværkeren så gitterløsningen som det mest lovende koncept og ville foretrække at lægge en ny fliseterrasse med gitterløsningen frem for kombiløsningen eller eksisterende produkter.

9.3 Evaluering - Tømrer 1

I dette interview blev en professionel tømrer interviewet. Følgende afsnit vil redegøre for tømrerens vurdering af koncepterne.

Vurdering af kombiløsning

Tømreren var kritisk om kombiløsningen af følgende grunde.

Styrkebekymringer

Tømreren vurderede, at kombiløsningen så meget ustabil ud, og mente, at trefodens ben ville deformere under forholdsvis små belastninger. Hans bekymringer om ustabilitet var blandt andet begrundet i at terrassefødderne var for høje efter hans faglige vurdering.

Skift af placering af gevind og selvnivellerende hoved

Tømreren foreslog en alternativ konstruktion, hvor den selvnivellerende funktion placeres i bunden af terrassefoden med gevindet placeret derover. Han mente, at denne konfiguration ville forbedre stabiliteten betydeligt.

Vurdering af gitterløsning

Tømreren viste stor entusiasme for gitterløsningen og så det som en mere stabil og holdbar løsning end kombiløsningen. Han udtrykte at han ville foretrække gitterløsningen frem for eksisterende terrassefødder på markedet og kunne se sig selv at anvende den.

Fordel ved trinvis arbejdsproces

Tømreren påpegede, at løsninger med trinvis udførelse generelt værdsættes højt i tømrerbranchen, men at dette sjældent lader sig gøre i praksis. Han vurderede derfor gitterløsningens arbejdsgang, hvor hele gitteret monteres først, hvorefter fliserne placeres, som særligt fordelagtig.

Tilføjelse af skruehuller

En designfeature, som han udtrykte ville hjælpe ham som tømrer, er tilføjelsen af skruehuller i terrassefødderne. Dette ville muliggøre at terrassefødder som skal placeres op ad en væg kan bores ind i væggen og give yderligere styrke.

Bekymringer for slør i gitteret

Han udtrykte bekymringer for mængden af slør i bjælkerne og forslår at tilføje tværgående bjælke for at minimere dette problem.

Fordel ved C-clips

Tømreren fremhævede, at C-clips-løsningen er en god feature, da princippet allerede anvendes i andre løsninger på det bredere marked. Han demonstrerede en afslutningsprofil i hans køkken, som anvender samme princip.



Afslutningsprofil i tømrerens køkken

9.4 Evaluering - Brolægger

Dette afsnit redegør for vores interview med en brolægger fra anlægsgartnerfirmaet Malmos.

Problematikker ved nuværende terrassefodder

Brolæggeren pointerer problemer ved nuværende koncepter på markedet. Han fortæller at terrassefodderne og fliserne er ustabile i kanten af terrassen, da der ikke er noget at holde dem på plads.

Vurdering af kombiløsning

Brolæggeren mener at de samme problematikker ved eksisterende terrassefodder gælder for denne løsning. Han udtrykker også skepsis om styrken af terrassefodderne, og tror ikke at konceptet som helhed fungerer i praksis.

Vurdering af gitterløsning

Brolæggeren ser størst potentiale i denne løsning, og han pointerer at gitterets funktion, i at alle dele holdes sammen, vil skabe en lettere installationsproces.

Afslutningsprofiler

Han mener dog at afslutningsprofilerne skal undersøges yderligere, og fremhæver at de skal være meget stærke.

Varierende flisestørrelser

Han pointerer også at det er vigtigt at undersøge hvordan designet tager højde for forskellige flisestørrelser.

Bekymringer om pris

Afslutningsvis er han også bekymret om prisen af produktet, og siger at prisen er stort beslutningsgrundlag for valg af installationsmetode hos ham.

9.5 Evaluering - Tømrer 2

I dette interview blev der snakket med en anden professionel tømrer. Følgende afsnit redegør for tømrens vurdering af koncepterne.

Omstillingsparathed hos håndværkere

Tømrreren vurderede, at professionelle håndværkere er villige til at investere i hurtigere løsninger, selv hvis de er en smule dyrere. Han fremhævede, at tømrrere generelt er omstillingsparate, og åbne over for nye idéer hvis "produktet er smart og virker godt". Dette indikerer, at en løsning vil blive adopteret af professionelle, hvis den effektiviserer arbejdsgangen, selv med en højere produktpris.

Bekymringer om pris hos privatbrugere

Tømrreren fremhæver at den brugergruppe som installerer fliseterrasser selv, oftest gør det for at spare penge, og at denne brugergruppe dermed er meget interesseret i et billigt produkt. Til dette tilføjer han, at mange af hans kunder fravælger at udføre projekter selv, da det ikke interesserer dem - "Lysten skal være der".

Vurdering af kombiløsning

Tømrreren mener at trefødderne er en god løsning, og han fremhæver især det selvnivellerende hoved som en brugbar funktion, da det tillader brugeren at installere en fliseterrasse på en skråning.

Vurdering af gitterløsning

Tømrreren reagerede positivt på gitterløsningen og så den som et produkt, der kan forenkle arbejdsgangen for håndværkere betydeligt. Han fremhævede, at gitterkonstruktionen giver strukturel styrke til terrassen.

Fordel: Forbedret nivelleringsstilgang

Han vurderede, at nivelleringen er mere simpel og mere stabil på grund af den samlede konstruktion, hvilket han værdsatte højt.

Tømrreren ser gitterløsningen som det mest lovende koncept.

9.6 Evaluering - Rene

Dette afsnit redegør for et interview med Rene, som tidligere har lagt en fliseterrasse med brug af Eurotecs terrassefodder. Rene deltog også i den indledende brugerundersøgelse.

Vurdering af kombiløsningen

Rene vurderede kombiløsningen som urealistisk på grund af manglende robusthed. Han identificerede, at mange af de problematikker, han oplevede med Eurotecs terrassefodder, stadig ville eksistere i denne løsning.

Vurdering af gitterløsning

Forbedret arbejdsgang

Rene reagerede positivt til denne løsning og sætter især pris på at hele terrassens konstruktion kan lægges og nivelleres før fliserne kommer på. Dette perspektiverer han til sin egen oplevelse med at installere fliseterrassen, hvor han flere gange fjernede en række fliser, for at re-justere terrassefødderne. Han vurderer at brugeren kunne undgå dette ved at installere konstruktionen først.

Klik-løsning til afslutningsprofiler er fordelagtig

Rene ser en klik-løsning til afslutningsprofilerne som en smart løsning. Da han installerede hans terrasse skulle han banke en lang stålplade i jorden for at få den ønskede afslutningsprofil. Dette var en besværlig proces, og han ser en klik-løsning som betydeligt bedre. Her kunne man bruge samme C-clips som til bjælkerne.

Bruger undgår at tilskære fødder

Rene fremhævede, at gitterløsningen fjerner behovet for at tilskære terrassefødder ved vægge, hvilket han så som en betydelig fordel.

Problematikker ved efternivellering

Rene identificerede en potentiel problematik med efternivellering af terrassen, efter gevindet er fyldt med sand og jord. Han forventede, at dette vil skabe betydelig indre modstand i terrassefødderne og potentielt beskadige kærven ved brug af skruemaskine til justering. Han påpegede dog, at efternivellering stadig vil være mulig, hvis fliserne først løftes.

Bekymringer om pris

Pris er en betydelig faktor for Rene, og han udviste skepsis for den potentielt høje pris af gitterløsningen.

Tolerancebekymringer

Rene udtrykte bekymringer om sammenspillet mellem flisernes tolerance og bjælkernes omfavning af tolerancerne. Han forudså, at tolerancerne-afvigelser, ville akkumulere over længere afstande og skabe betydelige problemer.

Sammenfatning

Ud fra alle vurderingerne viste gitterløsningen at være det klart mest lovende koncept. Dette bliver derfor udgangspunktet for de kommende afsnit.

10 Konceptmodning 2

Dette afsnit beskriver modningen af de to udvalgte koncepter: gitterløsningen til terrassefodder og laserværktøjet til installationshjælp. Konceptmodningen vil ske i gennem en iterativ proces hvor idéer udarbejdes og derefter testes, hvorefter nye designændringer præsenteres.



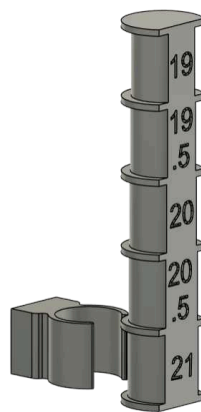
10.1 Til-skala prototype af det udvalgte koncept

Efter udvælgelsen af det mest lovende koncept blev næste skridt at udvikle en funktionel til-skala prototype. Formålet var at lave en lignende test som den, der blev udført i produktanalyse-fasen, hvor der bliver lagt en 1,2m x 1m sektion terrasse med fliser. Dette ville give en god indikation om, hvorvidt det nye koncept er mere brugervenligt at arbejde med, og om det er hurtigere at montere end de eksisterende terrassefødder. Derudover ville en prototype i denne skala belyse nogle af de svagheder, der ikke er taget i betragtning under udviklingen af konceptet.

Grundet konceptets form og størrelse egner det sig særligt godt til at blive 3D-printet. For at undgå for mange fejlprint blev der først printet små test-print på de dele af konceptet, der har en funktionel interface. På den måde sikres, at tolerancer og pasninger er gode, før der bruges lang tid på at printe mange komponenter. Der blev bl.a. testet på C-clips og gevindet.



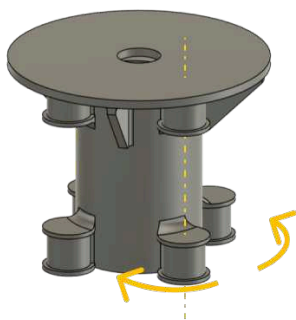
Gevind-stykker med forskellige tolerancer



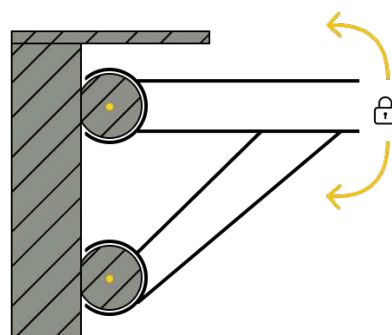
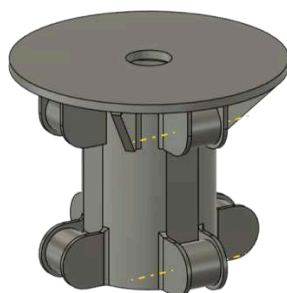
Stang med varierende diameter til test af C-clips

Der blev herefter printet en fuld fod med bund- og top-del samt en bjælke. Det viste sig, at bjælken havde for meget slør, og det skyldes primært orienteringen af C-clippen. Originalt blev den designet, så den havde indgreb i et lodret cylinder-stykke, men dette gjorde, at bjælken kunne svinge til hver side, da forbindelsen kom til at fungere som et slags hængsel. Hvis man i stedet drejede clippen 90 grader, blev det muligt at låse bjælken fast, da de to forbindelsespunkter kunne låse rotationen af dette "hængsel".

Kun forankring på rotationsaksen
→ Fri rotation



To forankringer på forskellige akser
→ Geometrisk låst



Med pasningerne på plads og et revideret design blev det tid til at 3D-printe prototypen i fuld skala til test. Der blev printet følgende komponenter:

16 x Top-del af fod (1)

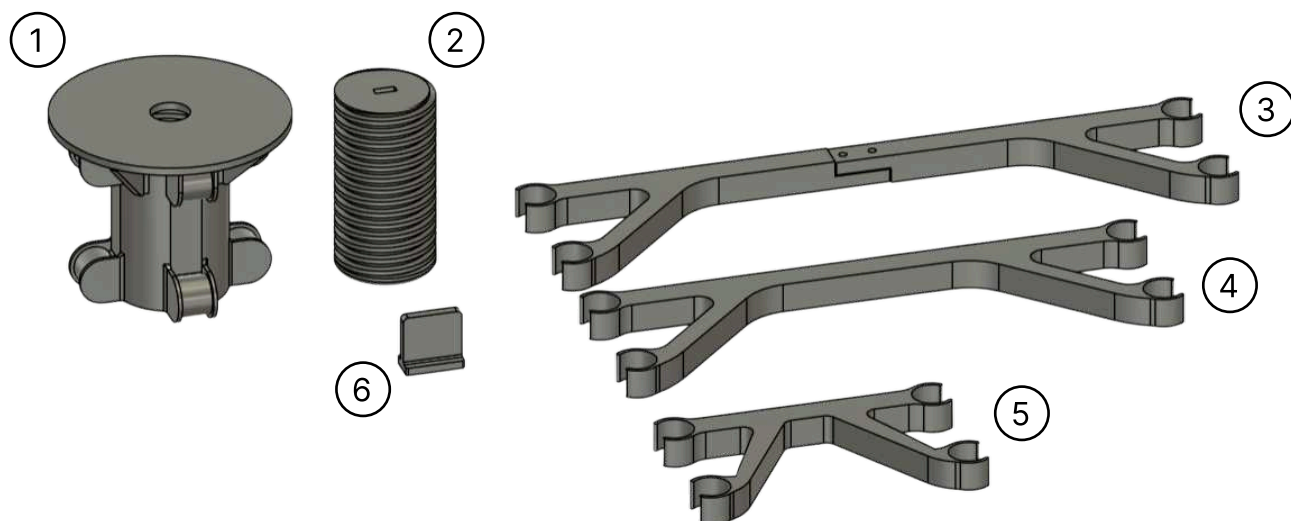
16 x Bund-del af fod (2)

12 x Lang bjælke (bestående af to segmenter skruet sammen) (3)

8 x Mellemlang bjælke (4)

4 x Kort bjælke (5)

12 x Fugeafstandsstykker (6)



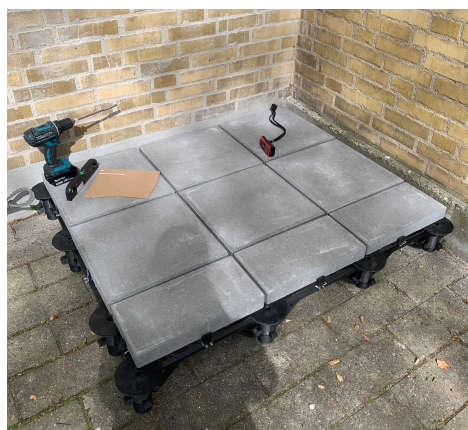
Komponenter til 3D-print og test

På ovenstående billede er det også muligt at se de nye ændringer i designet. Bl.a. blev bjælkerne simplificeret, så de er bedre egnede til 3D-print. Det skal noteres, at den lange bjælke ikke skal bestå af to emner i det faktiske koncept - dette var blot en nødvendighed for 3D-printet grundet dens størrelse.

Med disse komponenter var det muligt at teste et fuldt 1.2m x 1m gitter på samme lokation som *Intern test 1* fra produktanalysen for at lave en fair sammenligning. En mere detaljeret gennemgang af testen kan findes i (*T 3.1 - Test af gitterkonstruktion*). Fremgangsmåden for denne test var således:

1. Saml det første hjørne af gitteret i hånden
2. Indstil i ønsket højde og niveller
3. Klik næste set bjælker og fødder på
4. Indstil i højde og niveller
5. Påfør fliser til sidst
6. Finjuster eventuelle ujævnheder

Indstillingen af højden blev udført med en skruemaskine. Til nivellering blev der brugt en laserpointer, som blev placeret i det første hjørne af gitteret, når dette var indstillet til den ønskede højde. Der blev lavet en markering på et stykke pap, som indikerede den korrekte højde. Pappet kunne således lægges ovenpå fødderne løbende for at vise, hvor langt de skulle skrues op.



Billeder fra den første test af til-skala prototypen

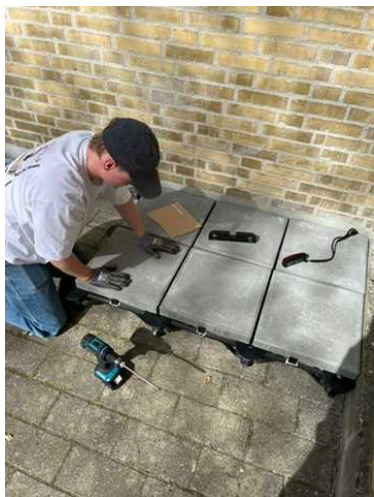
Testen gav god indsigt i, hvordan monteringsprocessen forløber sig, og der viste sig en række problematikker, som gjorde oplevelsen besværlig. Bl.a. kunne indstillingen af en fod et sted i gitteret gøre, at andre fødder løftede sig og skubbet ud af vater. Dette skyldes primært, at gitterkonstruktionen var for ustabil. Det blev også klart, at præcisionen af nivelleringen ikke var god nok, da fliserne var i stand til at vippe lidt, når de blev lagt på. Desuden kunne fliserne skride lidt rundt oven på fødderne, hvilket gjorde den overordnede følelse af terrassens stabilitet endnu værre.

For at imødekomme disse problematikker blev der ændret på fremgangsmåden af monteringsprocessen. Der blev også limet en gummibelægning på toppen af fødderne, så fliserne har sværere ved at skride rundt samt give lidt lyddæmpning til terrassen.

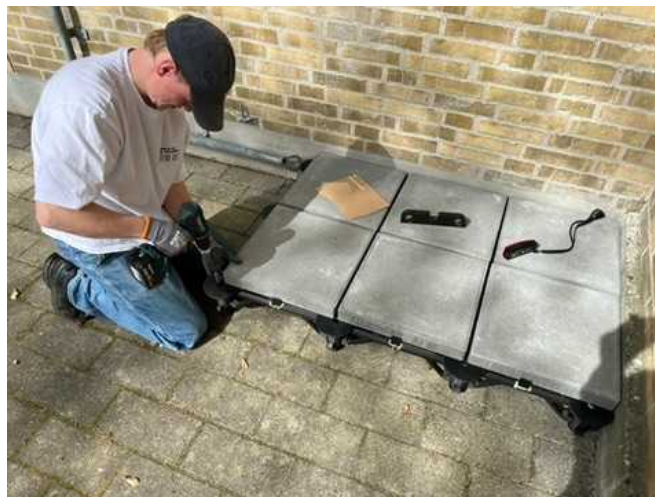
Med de nye ændringer blev der udført en ny test med følgende fremgangsmåde:

1. Saml det første hjørne af gitteret i hånden
2. Indstil i ønsket højde og læg flise på
3. Niveller med flise på, så flisen ikke vipper
4. Klik næste set bjælker og fødder på og indstil højden
5. Læg en ny flise på og niveller med flise, så den ikke vipper
6. Fortsæt med resten af terrassen, en flise ad gangen

Se (T 3.2 - Test af gitterkonstruktion) for gennemgang af denne test. Resultatet af denne fremgangsmåde var, at terrassen følte markant mere stabil og var uden vippende fliser. Dog var terrassen i sin helhed ikke helt i vater, hvilket skyldes prioriteringen af flisernes stabilitet. Desuden blev der primært anvendt et normalt vaterpas og ikke hjælpeværktøjet, da målingerne var mere nødvendige lokalt på de individuelle fliser frem for henover hele terrassen. Det tog sammenlagt omkring 37 min at lægge terrassen.

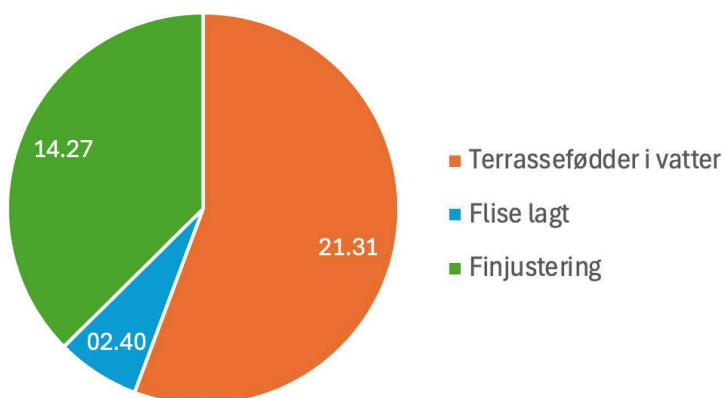


Mærk om flisen vipper



Juster foden derefter

Som en sidste test blev der justeret lidt på fremgangsmåden for at prøve at få hele terrassen mere i vater. Der bygges op på samme måde med en flise ad gangen, men i stedet for kun at sørge for, flisen ikke vipper, blev højden af flisen finjusteret ud fra laseren. På den måde blev alle fliser hævet op til det samme udgangspunkt, hvorefter der blev finjusteret på fødderne for at sørge for, fliserne ikke vipper. Resultatet af denne test var en terrasse, der generelt set lå mere i vater, men fliserne var stadig i stand til at vippe en smule - dog ikke i samme omfang som den første test. Årsagen var primært, at en finjustering for én flise påvirkede de omkringliggende fliser, så det blev en kaskade af små ændringer over hele terrassen. Testen tog sammenlagt omkring 38 min. Følgende cirkeldiagram viser fordelingen af tid



Tidsfordeling af test af gitterløsning i minutter.

10.2 Undersøgelse af tolerance i fliser

Det viste sig under tests af gitterkonstruktionen, at de brugte fliser var mindre end 40×40cm, som ellers var oplyst af producenten. Der undersøges derfor tolerancespecifikationerne for fliser for at imødekomme dette problem.

Betonfliser

Den største producent af betonfliser i Danmark er IBF; de sælger fliser til Bygma, XL-byg, Bauhaus og mange andre. Betonfliserne som kan anvendes til at installere en ny terrasse ved hjælp af terrassefodder, bliver kaldt modulfliser. Modulfliser er et rektangulært design, som kommer i varierende sidelængder fra 15cm til 60cm. For IBF er flisernes basismål reelt set 3.75 mm mindre end det angivne byggemål og tolerancen er ±2mm (IBF, 2024 August). En 40 × 40 betonflise vil dermed reelt set have følgende sidelængder:

$$396,25 \pm 2\text{mm} = 394,25\text{mm} - 398,25\text{mm}$$

Tolerancerne er forholdsvis små, men det er bemærkelsesværdigt at betonfliserne er mindre end det mål, de reklameres med.

Keramiske fliser

Der er ikke en enkel stor leverandør af keramiske fliser på det danske marked, men mange forhandlere som sælger keramiske fliser følger den internationale standard ISO 10545-2. ISO-Rapporten er bag en betalingsvæg, men Ceramiche Keope opfylder kravene og har offentliggjort deres tolerancekrav. Ceramiche Keope er en italiensk virksomhed, som specialiserer sig indenfor produktion og salg af fliser. For keramiske fliser som anvendes til terrasser gælder en maksimal afvigelse på ± 1mm for retskårede fliser og ± 2mm for ikke-retskårede fliser (Ceramiche Keope, 2026). Retskæring er en process, hvor man tilskærer fliserne efter de er blevet brændt for at lave præcise flisekanter. Dermed gælder følgende tolerancer for en 40 × 40 cm keramisk flise som er blevet retskåret:

$$400 \text{ mm} \pm 1\text{mm} = 399\text{mm} - 401 \text{ mm}$$

Og følgende tolerancer gælder for fliser som ikke er retskåret:

$$400 \text{ mm} \pm 2\text{mm} = 398\text{mm} - 402 \text{ mm}$$

Vurdering

Terrassefodderne bør kunne kompensere for de mest ekstreme tolerancekrav fra både beton- og keramiske fliser. Derfor skal terrassefodderne kunne kompensere følgende tolerance:

$$(402\text{mm} - 394,25\text{mm}) / 0,5 = \pm 3.875 \text{ mm}$$

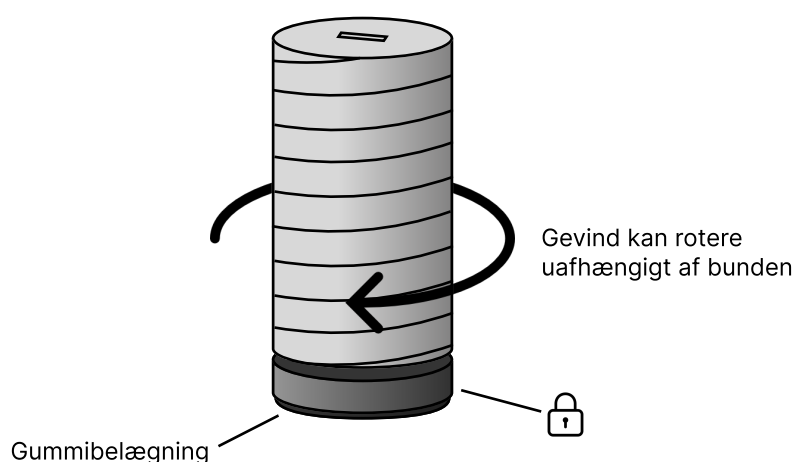
10.3 Forbedringer

På baggrund af de udførte tests og undersøgelser er der fremlagt en række ændringer til konceptet, som har til formål at imødekomme de fundne problematikker. Det skal noteres, at de følgende designændringer kommer til at eksistere primært på et funktionsbaseret konceptuelt niveau og mangler derfor en udførlig udformningsproces. Ændringerne kommer da til at være beskrevet ud fra deres ønskede funktion, og den fysiske udformning er derfor ikke fastsat. Dette skyldes hovedsageligt, at disse processer ville overstige projektets tidsramme.

Ændring på fodens bund-del

Med det nuværende design af fodens bund-del var det et problem, at emnet skred rundt på underlaget, når der blev indstillet på højden af foden. Det er rotationen af denne del, der løfter foden op, men denne rotation skaber en masse friktion mellem foden og underlaget, hvilket giver mere modstand til skruemaskinen. Friktionen øges yderligere, hvis der ligger fliser ovenpå foden mens der skrues, hvilket kan resultere i, at skruemaskinen ødelægger kærven på bund-delen. Da bund-delen udelukkende består af plastik, skrider hele foden også nemmere rundt på underlaget, hvilket svækker stabiliteten generelt i hele konstruktionen.

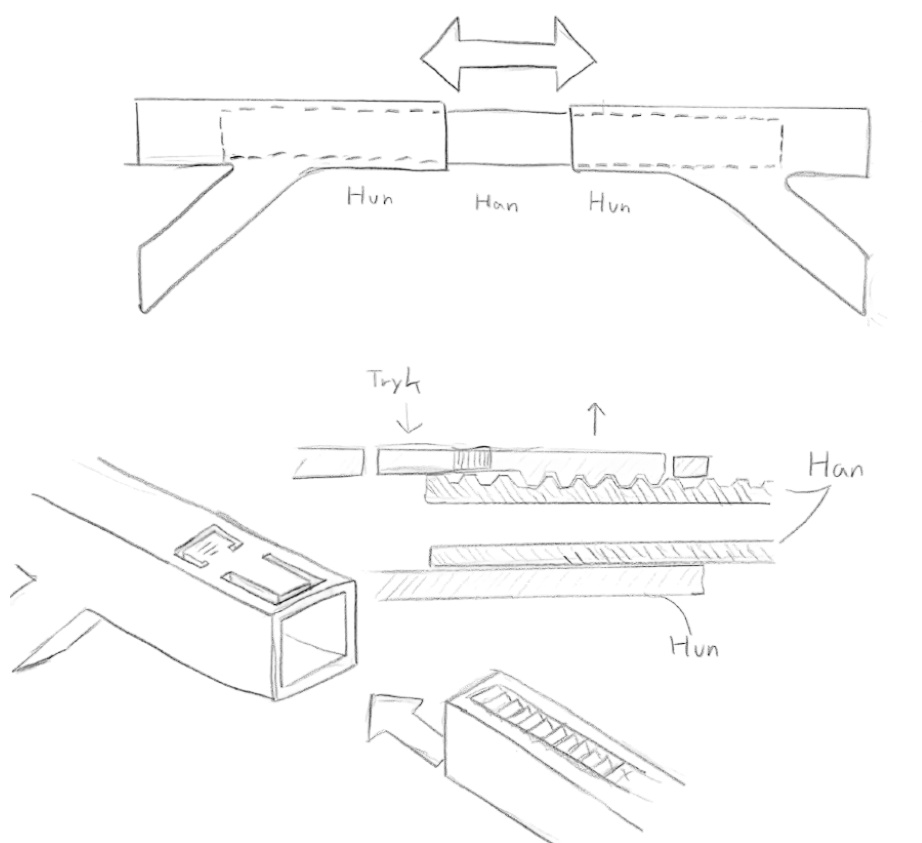
Som ændring til disse problemer kan bund-delen deles op i to komponenter; gevind og "sko", således gevindet kan rotere uafhængigt af skoen og dermed reducere friktionsmodstand. Der kan endvidere påføres en gummibelægning på undersiden af skoen, så foden har sværere ved at skride rundt. Disse ændringer vil formentligt øge produktionsomkostningerne, så dette skal tages i betragtning.



Eksempel på ny sko til foden

Længdejusterbare bjælker

Det har været klart lige fra begyndelsen, at løsningen skal kunne virke med fliser i forskellige størrelser. Det skal altså være muligt at lægge en terrasse med flisestørrelser lige fra 20×20 cm fliser op til 60×60 cm og potentielt større. Som beskrevet i det forgående afsnit om tolerancer på fliser kan der være små forskelle på flisernes basismål. Eksempelvis har 40×40 betonfliser et basismål på 396.25 mm, sammenlignet med keramiske fliser der ligger omkring de nominelle 400 mm. Denne afvigelse på nominelle mål betyder altså, at bjælkerne skal være lange nok til begge muligheder. Desuden kan fliserne afvige med ± 2 mm. En måde at håndtere dette på er gennem længdejusterbare bjælker. Bjælkerne skal dermed kunne indstilles manuelt i længden med en præcision på ned til omkring 2 mm. I bilag (I 7.1 til I 7.5) er der udarbejdet en håndfuld koncepter til dette formål. Vist nedenfor er et koncept bestående af to hun-dele og en han-del. Han-delen har en form for tandstang, som hun-delen kan have indgreb i og dermed låse bjælken fast. Med dette koncept er det muligt at have en bjælkeløsning, der kan håndtere en stor række flisestørrelser, hvilket vil spare omkostningerne til sprøjtestøbeværktøjer, da der ikke skal produceres mange forskellige bjælker.

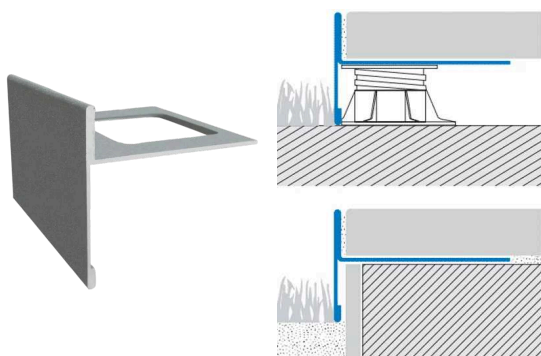


Bjælke koncept 1 fra bilag (I 7.1 - Bjælke koncept 1)

Kantprofiler / Afslutningsprofiler

For at sikre en holdbar og æstetisk afslutning på en terrasse er det nødvendigt at bruge en form for afslutningsprofil langs terrassens kanter. Profilerne skal bidrage til både at beskytte konstruktionen samt skabe en visuelt sammenhængende overgang mellem terrasse og omgivelser. Allerede under vurderingen af gitter-konceptet i et tidligere afsnit blev afslutningsprofiler diskuteret af både tømrer og brugere af terrassefødder. Der blev fremhævet muligheden for at udnytte de forbindelsespunkter, som i forvejen bruges til bjælkerne, til at klikke en afslutningsprofil på. En tømrer havde i forvejen brugt netop en C-clips til at klikke en afslutningsprofil på i hans køkken. Det er derfor oplagt at udnytte denne forbindelse til samme formål.

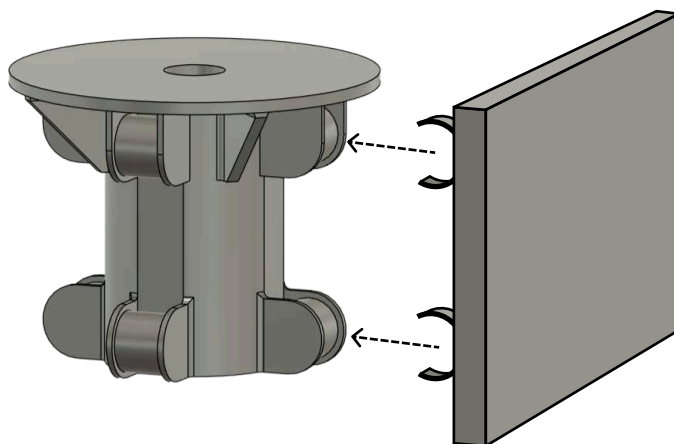
Der findes mange forskellige måder at lave afslutningsprofiler på, men de mest brugte til udendørsterrasser er enten en lang plade i enten aluminium/stål eller en tilskåret aflang flise, som bliver fastholdt til fundamentet. Profilitecs SUPACLPT / SUPACLPB (Profilitec. (s.d.)) er et eksempel på sidstnævnte og består af en top og bund clips, der monteres på toppen og bunden af en terrassefod og kan fastholde et aflangt flisestykke. En lignende løsning kan laves til det nye gitter-koncept, hvor flise-holderen simpelt klikkes på med to C-clips. Alternativt kan der i stedet for en flise klikkes et aflangt stykke ekstruderet aluminium på, hvis dette ønskes.



Afslutningsprofil i aluminium
(Profilitec. (s.d.))



Afslutningsprofil til flisestykker
(Murerbutikken. (2020, 6. April))



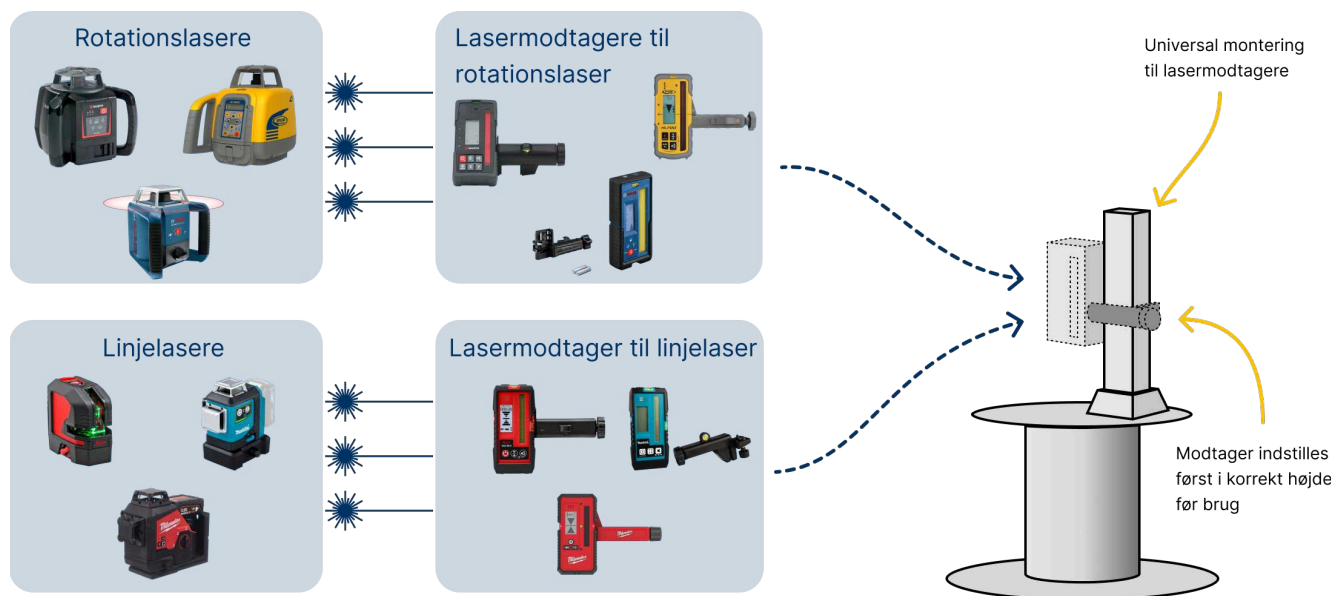
Eksempel på afslutningsprofil med C-clips

Laserværktøj

Under modningen af laserværktøjet blev der undersøgt en række andre rotationslasere samt linjelasere. Begge værktøjer har til formål at udsende et laser-plan i vater, som kan bruges til nivelleringsarbejde. Rotationslasere er oftest dyrere, men opererer med højere præcision og fungerer over længere afstande. Bemærkelsesværdigt gør begge værktøjer brug af en lasermodtager til at indikere, om den sidder i korrekt højde.

Modtageren skal være kalibreret til den givne type laser, så de sælges typisk sammen med laserværktøjet. De fleste modtagere er meget ens i udseende og funktionalitet og kan alle spændes fast på en såkaldt nivelleringsstang, hvilket i store træk er en lang firkantet målestok. Denne generalitet kan udnyttes i projektets sammenhæng, da man kan undgå at udvikle et helt nyt dedikeret laserværktøj, og i stedet udnytte, at de fleste eksisterende værktøjer har samme interface.

Konceptet er derfor en kort monteringsstang, som en lasermodtager kan spændes fast på. Modtageren skal sidde i den rigtige højde, hvilket kan variere med model, så dette skal indstilles før brug. Nedenstående illustration samt bilag (I 4.11 - Laser-guide v3) beskriver konceptet yderligere.



Monteringsløsning til laserværktøj (I 4.11 - Laser-guide v3)

11 Endeligt designforslag

Dette afsnit præsenterer det endelige designforslag og en evaluering deraf. Evalueringen baseres på en kvantitativ sammenligning af installationstid med eksisterende terrassefødder samt en kvalitativ vurdering af, i hvilket omfang designforslaget løser problemstillingen.



11.1 Gitter-koncept

Det endelige designforslag udviklet inden for projektets ramme er en nytænkning af de eksisterende terrassefodder og henvender sig til private brugere med fokus på brugervenlighed og alsidighed. Konceptet er i sin helhed en gitterkonstruktion bestående primært af fødder og bjælker, som kan klikkes sammen og dermed stabilisere hele konstruktionen. De små kontaktflader gør det muligt at installere nye terrasser på særligt ujævne underlag, således en gammel og skæv fliseterrasse kan erstattes med en ny, hævet og plan terrasse.

Konceptet består af følgende komponenter:

- Fødder - heraf:
 - Top-del
 - Bund-del
 - Sko til bund-del
- Bjælker - heraf:
 - Hun-del
 - Han-del
- Afslutningselementer
- Monteringsstang til lasermodtager

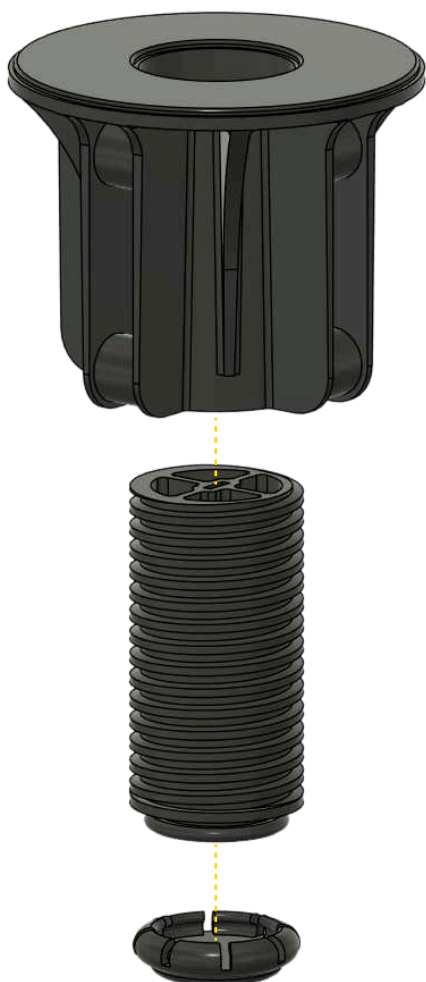


Visualisering af det endelige designforslag i brug - billede genereret delvist med AI

Fødder

Fødderne er udgangspunktet for hele konceptet og deres primære funktion er indstilling af højde. Gevindet på bund-delen kan skrues op og ned af top-delen vha. en skruemaskine, og fodens højde kan derved indstilles. Skoen gør, at bund-delen kan rotere frit og dermed undgå at skrape på underlaget*. Gummibelægningen på både skoen og top-delen skrid-sikrer fliserne og selve foden samt forbedrer akustikken af terrassen. De otte cylindriske elementer på top-delen fungerer som forbindelsespunkter til bjælkerne og afslutningselementerne vha. C-clips. Alle komponenterne er designet med udgangspunkt i sprøjtestøbning og med et minimum holdbarhedskrav på 10kN svarende til 1 ton.

Foden kan indstilles i højden mellem 110mm - 180mm.



Exploded view af foden

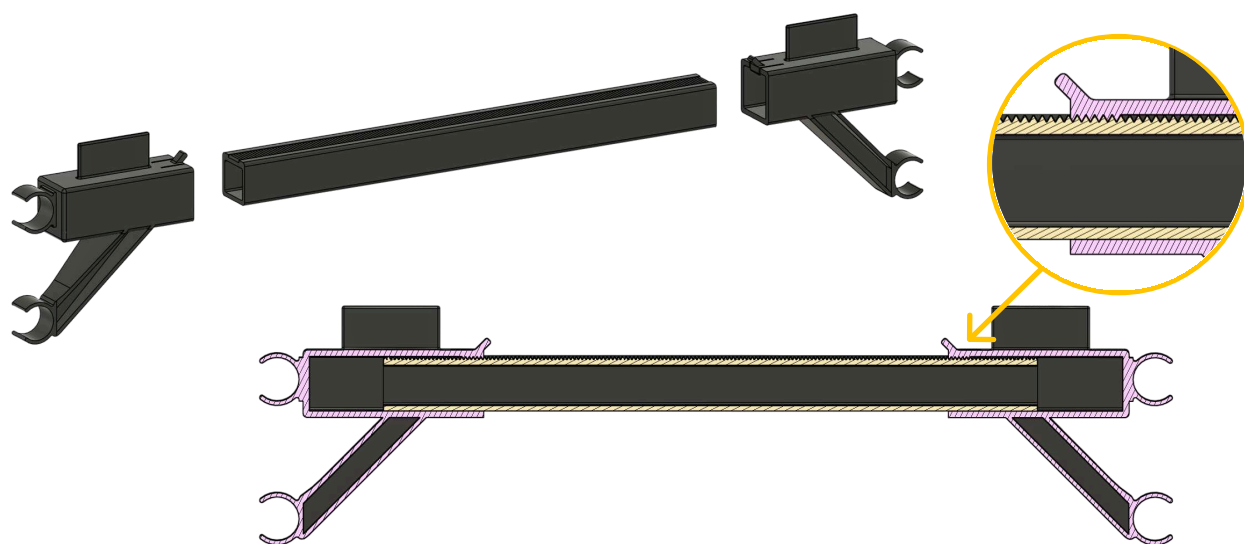


Rendering af fod i gitter

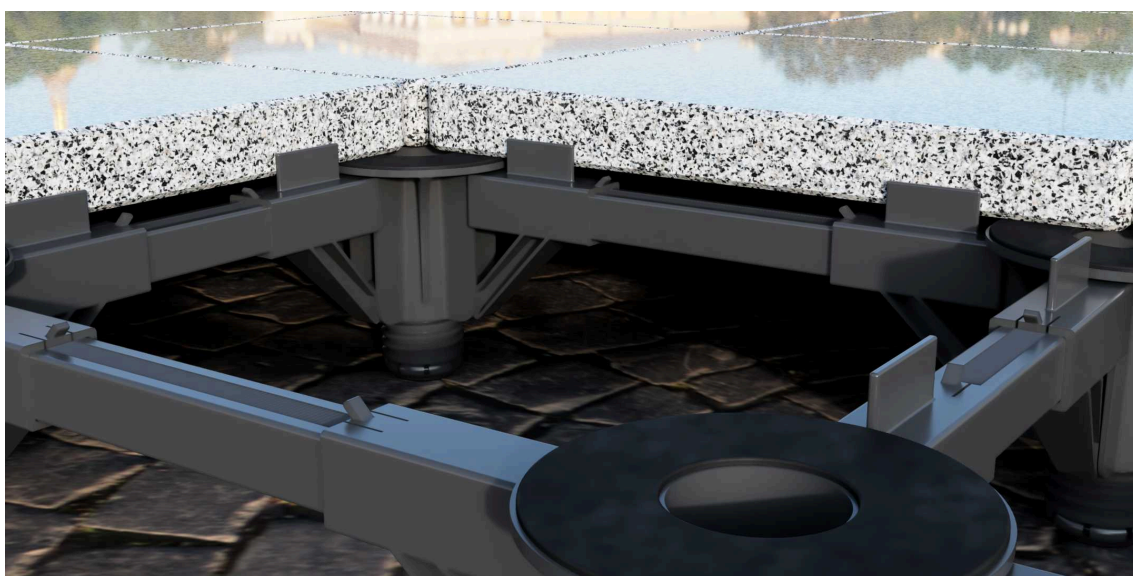
**Skoens fysiske udformning er ikke testet og er dermed udelukkende konceptuel.*

Bjælker

Bjælkernes funktion er at sikre konstruktionen og give stabilitet til fødderne. De kan justeres i længden, så de passer til alle flisestørrelser og er hurtige at montere på fødderne med de inkluderede C-clips i enderne. Der er to forbindelsespunkter per side for at minimere slør i konstruktionen, forstærke bjælkerne og geometrisk låse bjælkernes bevægelse. Bjælkerne består af en hun- og han-del, som tillader længdejusteringen*. Hun-delen klikkes på fødderne og kan modtage han-delen afhængigt af den ønskede længde på bjælken. Han-delen låses fast gennem de tænder, der løber langs hele han-delen. Hun-delen har tilsvarende modsatte tænder, som kan løftes op med den lille tap når længden skal justeres. Fugeafstandsstykkerne kan tages af, så det er muligt at lægge fliser helt op til væggen.



Exploded view & tværsnit af bjælke

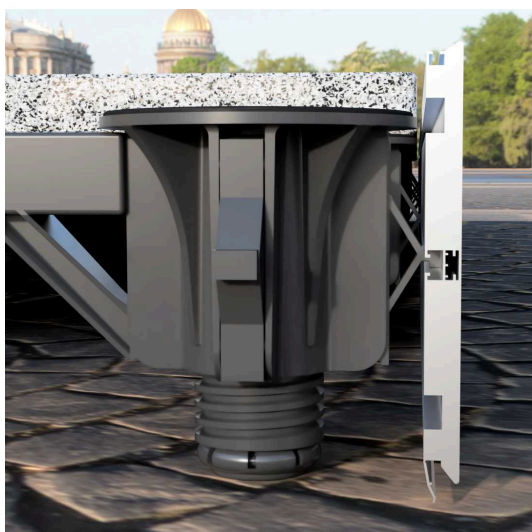


Rendering af bjælker i gitter

**Bjælkens fysiske udformning er ikke testet og er dermed udelukkende konceptuel.*

Afslutningselementer

Afslutningselementerne skal give terrassen et flot finish og afskærme området under terrassen. Brugere kan have forskellige krav til, hvilken type afskærmning de ønsker, så afslutningselementet fungerer derfor som en forbindelse mellem afskærmningen og gitteret. Elementerne udnytter de samme forbindelser som bjælkerne og klikkes dermed på med C-clips. Det er derfra muligt eksempelvis at glide en ekstruderet afslutningsprofil i aluminium ud over afslutningselementet for at fastholde profilen*. Alternativt kan der laves nogle clips, så det er muligt at fastholde en aflagt lodret flise, hvis denne type afslutning ønskes. Afslutningselementernes design gør det muligt både at producere i ekstruderet plastik og sprøjtestøbe.

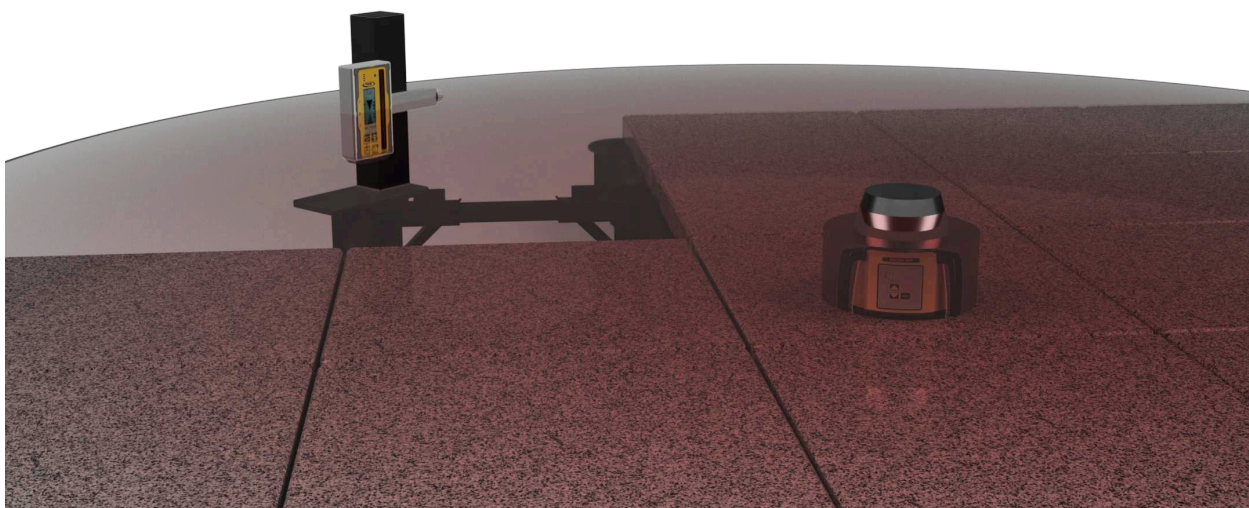
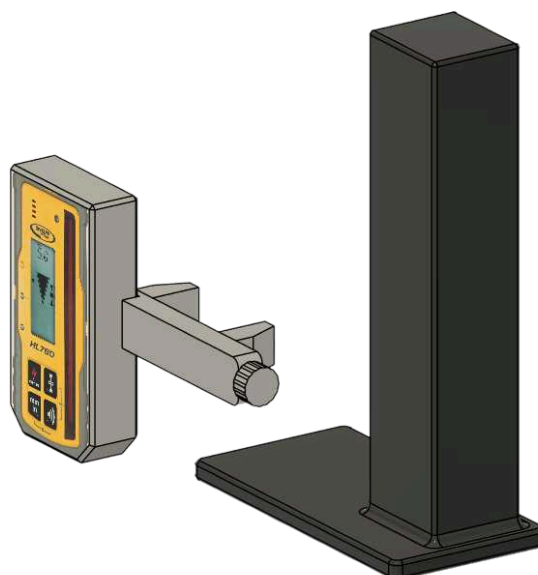


Renderinger af afslutningselementer og profiler

**Afslutningselementets fysiske udformning er ikke testet og er dermed udelukkende konceptuel.*

Monteringsstang til lasermodtager

Monteringsstangen udnytter, at de fleste lasermodtagere bruger samme interface til montering. Dette er et alternativ til udviklingen af et helt nyt værktøj, hvilket reducerer opstartsomkostningerne af konceptet markant. Konceptet består simpelt af en stang og base lavet i plast. En lasermodtager kan nemt spændes fast på stangen med modtagerens skruebeslag i korrekt højde. Højden bestemmes ud fra, hvor højt enten en rotorlaser eller linjelaser sender et laserplan ud samt tykkelsen på de brugte fliser. Dette gøres efter den første flise er lagt og nivelleret. Under opførelsen af gitteret placeres monteringsstangen med modtager på fødderne løbende i takt med at de skal højdeindstilles. Derved måles der hele tiden op til det samme udgangspunkt i laserplanet, hvilket sikrer at fødderne skrues op i samme højde og får terrassen i vater. Monteringsstangen giver brugeren muligheden for at leje et laserværktøj for lettere opsætning, men det er også muligt blot at bruge et vaterpas til nivellering, hvis dette ønskes.



Rendering af monteringsstang & laserværktøj i brug

11.2 Ny user journey

Det endelige designforslag er nu udviklet, og en ny user-journey kan laves for at illustrere den nye process af at installere en terrasse.

Planlægningsfasen

Brugerundersøgelsen viste, at planlægningsfasen opleves som en langsom og besværlig proces. Dette førte til en undersøgelse af eksisterende projekteringsværktøjer, hvor der blev identificeret et online værktøj (Profilitec, 2022 Januar).

Analysen viste, at der allerede findes velfungerende digitale projekteringsværktøjer på markedet, som kan anvendes til at planlægge terrasselayouts.

Det blev derfor besluttet ikke at investere tid i udvikling af et projekteringsværktøj i denne fase, da fokus bør ligge på at optimere selve produktet og installationsprocessen hvor gitterløsningen skaber reel værdi og differentiering i forhold til eksisterende løsninger. På trods af dette ville et sådan værktøj være en del af produktet, når det udgives til markedet, og derfor vil den nye user journey se ud som følgende.



Ny user journey af planlægningsfasen (E 2.1)

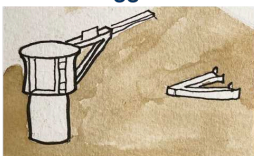
Installationfasen

Gitterløsningen skaber betydelige forbedringer i installationsprocessen ved at mindske finjusteringen hvilket reducerer den følte arbejdsbelastning betydeligt. Gitteret sikrer konsistent placering og afstand mellem terrassefodder, hvilket resulterer i et mere præcist og professionelt resultat. Processen er mere intuitiv og kræver mindre erfaring, hvilket gør det muligt for alle brugere at opnå et godt resultat. En eventuel tilskæring af fliser kræver dog stadig specialiseret værktøj og erfaring, hvilket ligger uden for dette projekts ramme.

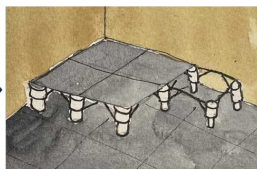
Niveller den første flise
vha. vatterpas



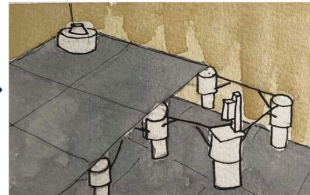
Saml terrassefødsdele
til at lægge en flise



Placér det nye gitter



Niveller terrassefødderne

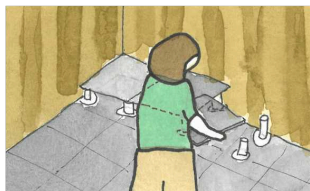


Tilskær flise vha. vinkelsliber



Kræver specialiseret værktøj & erfaring

Placer flise på terrassefødder



Justér terrassefødder ud fra om
flisen vipper

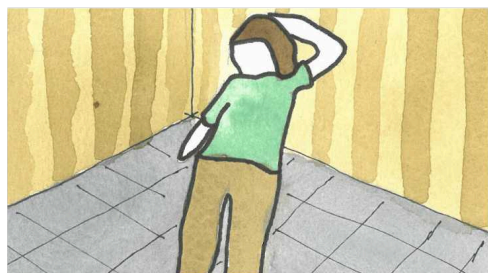


Ny user journey af installationsfasen (E 2.2)

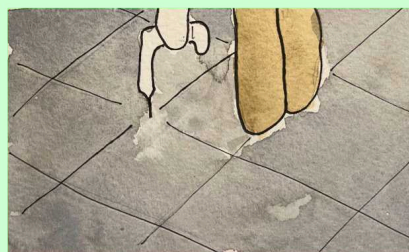
Efterjustering

Gitterløsningen forenkler efterjusteringen af fliseterrassen markant. Tidligere var det nødvendigt at fjerne individuelle fliser for at justere terrassefødder, hvilket var en tidskrævende proces. Med det nye system identificeres ujævne områder ved at gå rundt på terrassen og mærke efter skæve fliser. Gitteret kan derfra skrues til igennem flisekrydsene, så man ikke skal fjerne fliser, hvilket reducerer arbejdsbelastningen betydeligt.

Mærk om der er skæve fliser ved at gå rundt
på dem og ved at se efter ujævnheder



Skrue gitteret på plads

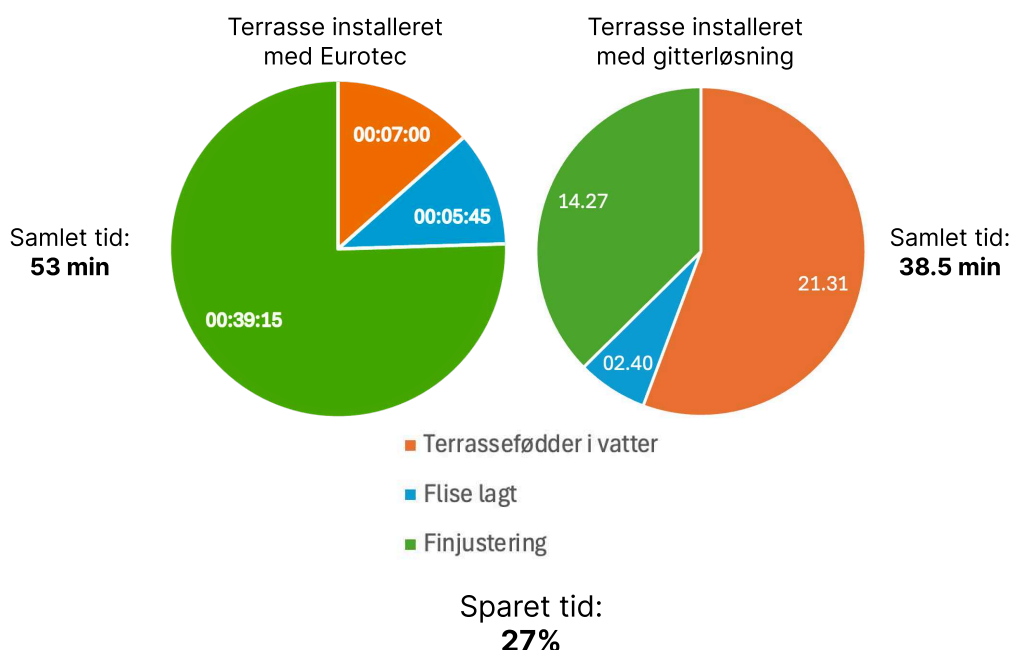


Minimerer arbejdsbyrde drastisk

Ny user journey af efterjustering (E 2.3)

11.3 Evaluering af det endelige designforslag

Ud fra en sammenligning af resultater fra de indledende interne produkttest og evaluerende interne test, kan gitterløsningen evalueres på baggrund af sparet tid i installationen.



Den kvantitative forskel i installationstid mellem Eurotecs terrassefodder og prototypen af gitterløsningen er 27%. Dette resultat vurderes til at være meget tilfredsstillende. Hvis projektet blev mere modent, vil denne tid blive forbedret yderligere. Det er værd at nævne at det ikke kun er den reelle forskel i tid, som en bruger sætter pris på, men også den følte arbejdsbyrde. Det var en markant mere behagelig installationsproces at anvende gitterløsningen, hvilket primært skyldes den intuitive "klik på og byg ud"-proces. Det skal nævnes, at projektgruppen har designet gitterløsningen, hvilket naturligvis påvirker installationstiden såvel som glæden ved at anvende gitterløsningen, så der er et betydeligt bias her.

Vurdering ud fra spørgsmål fra problemformuleringen

Hvis man kigger tilbage på de seks spørgsmål fra problemformuleringen, er det nu muligt at vurdere, i hvilken grad konceptudviklingen har besvaret spørgsmålene.

1. Hvordan gør man terrassefodder til den bedste måde at lægge en ny terrasse?

Dette spørgsmål er meget åbent og bliver ikke direkte besvaret gennem konceptet. I stedet er vurderingen, at den bedste terrasse lægges med et robust fundament, der er billigt, intuitivt og hurtigt at sætte op. Det endelige designforslag har vist sig at være mere intuitivt og hurtigere end Eurotecs terrassefod, men til gengæld er der stadig nogle ubesvarede spørgsmål vedr. robustheden af gitteret og det økonomiske aspekt.

2. Hvordan gøres installationsprocessen af terrasser hurtigere?

Gitter-konceptet tillader, at fundamentet kan lægges først, før man lægger fliser på. På den måde kan man hurtigere få en ide om, hvordan terrassen udformer sig og dermed spare tid i sidste ende. Højdejusteringen kan hurtigt udføres vha. en skruemaskine, og tilføjelsen af et laserværktøj gør indstillingen af den korrekte højde simpel og hurtig. Der er stadig forbedringer at lave på finjusteringen af terrassefødderne, så det hele ligger i vater og fliser ikke vipper.

3. Hvordan minimeres den følte arbejdsbelastning ved at installere en terrasse?

Den simple klik-løsning til både bjælker og afslutningsprofiler gør opsætningsprocessen let gennemskuelig og simpel. Højdejustering med en skruemaskine sparer kræfter, så man ikke skal skrue på flere hundrede fødder med hænderne. Muligheden for at lægge gitteret før fliserne deler hele arbejdsopgaven op i flere steps, så man kan tage det tunge læs på én gang, når man er sikker på at fliserne kommer til at ligge rigtigt. Ud fra de udførte tests af konceptet, menes arbejdsbelastningen at være markant forbedret sammenlignet med testen af Eurotecs fødder.

4. Hvordan kan man overskueliggøre planlægningsfasen af en ny terrasselægning?

Ved at bruge et projekteringsværktøj ligesom det, Profilitec udbyder, kan man hurtigt få en ide om, hvor mange komponenter der skal bruges, samt hvilke fliser giver det bedste udtryk og/eller den billigste terrasse. Dette værktøj kan dog virke kompliceret ved første øjekast, så der er plads til forbedring her. Det lykkedes ikke inden for projektets tidsramme at udvikle et dedikeret projekteringsværktøj til gitter-konceptet, så denne implementering lægges ind under fremtidige forbedringer.

5. Hvordan kan man lave en kosteffektiv terrassefod?

Det udvalgte koncept fejler at besvare dette spørgsmål. Tilføjelsen af flere komponenter til konstruktionen øger produktionsomkostningerne, og løsningen bliver derfor dyrere end ønsket. Dette bliver uddybet yderligere i det kommende afsnit om *Økonomi*. Der kan laves en række forbedringer til designet, så det udfylder princippet om "design for manufacturing", men grundlæggende kan konceptet ikke ses som udelukkende *kosteffektivt*. Der kan argumenteres for, at besparelsen i tid kan være en kost-sparende faktor for håndværkere, men omfanget af denne besparelse er ikke undersøgt yderligere i projektets nuværende stadie.

6. Hvordan designer man en versatil terrassefod?

Gitter-konceptet er designet med udgangspunkt i bedre håndtering af ujævne underlag, så versatilitet i denne sammenhæng er forbedret. Drømmescenariet i forbindelse med dette ville dog være en terrassefod, der kan lægges direkte på jord, sand eller grus, hvilket det endelige designforslag ikke formår at opnå.

12 Validering af konceptet

I dette afsnit udføres økonomi- og styrkeberegninger baseret på det endelige designforslag. Økonomiberegningerne vil fremlægge en estimeret salgspris for det endelige designforslag. Styrkeberegningerne vil undersøge om det endelige designforslag er tilstrækkeligt robust til de påtænkte belastninger.



12.1 Økonomi

Som der blev fundet ud af i brugerundersøgelsen, spiller pris en stor rolle i konceptets succes. Det er nødvendigt, at produktet er konkurrencedygtigt mod de eksisterende løsninger, så der er derfor blevet udarbejdet nogle overordnede økonomiske beregninger på opstartspris og kostpris af konceptet. De samlede beregninger kan ses i (Bilag E 3).

Det skal noteres, at beregninger og værdier er vejledende og baseret på antagelser af diverse omkostninger samt vurderinger fra eksterne personer med mere erfaring.

Første nødvendige del af økonomiberegningerne er en såkaldt Bill of Materials. Denne består af en liste af alle komponenterne, som indgår i et produkt samt antal af hvert komponent. Det er relevant at kunne sammenligne beregninger og styk-tal på tværs af konceptet og de konkurrerende produkter, så fordi der indgår flere komponenter i det nye koncept, er det nødvendigt at udarbejde en funktionel enhed. Denne fungerer som et delt udgangspunkt for beregningerne, så man kan sammenligne pris med andre produkter på en fair måde.

Den funktionelle enhed sættes til at være en $5,2 \times 8\text{ m}$ terrasse på $\sim 42\text{ m}^2$ lagt med $40 \times 40\text{ cm}$ fliser. Derfra kan der divideres med arealet for at få en skønnet pris per m^2 , som en bruger ville kunne bruge til deres egen situation.



Terrassefod-layout for en $5,2 \times 8\text{ m}$ terrasse med styk-tal

For det nye koncept skal der bruges 294 stk af både top-delen og bund-delen af foden. Derudover skal der være 3 stk af hver bjælke-del og 70 kantelementer - sidstnævnte afhænger dog af terrassens form, så dette er gældende for en rektangulær terrasse. Sammenlignet med de eksisterende terrassefødder, skal de hver iser kun bruge 294 fødder i alt - én til hvert flisekryds.

Alle komponenterne forventes at skulle sprøjtestøbes i polypropylen (PP), da dette materiale er vidt brugt til produktionen af terrassefodder. Dertil skal der laves nye sprøjtestøbeværktøjer til hver unik del, hvilket bliver den største startomkostning for produktionen. For at få en overslagspris på, hvad sådanne værktøjer koster, er der taget kontakt til Søren Xerxes fra Artlinco, som har over 35 års erfaring med udvikling af plastikelementer. Her blev han præsenteret for de forskellige komponenter, der vel at mærke ikke er designet med sprøjtestøbning som hoved-fokus. Han mente, at med nogle designændringer på de forskellige komponenter, ville det koste omkring 460.000 kr. for 6 sprøjtestøbeværktøjer til de 6 komponenter. Denne pris gav han med udgangspunkt i nogle af de andre projekter, han har lavet, hvor lignende geometrier var blevet brugt.

Det var sværere at give en præcis produktionsomkostning, da dette afhænger meget af cyklustid og materiale-brug. Her blev der igen taget udgangspunkt i Søren's tidligere projekter samt lavet en vurdering ud fra komponenternes størrelse og geometri. Produktionspriserne blev sat til 2,5-9kr afhængig af komponent. Derudover skal sprøjtestøbeværktøjerne afskrives og medregnes i produktionsomkostningerne. Det forventes, at værktøjerne i første omgang skal være såkaldte "bløde" værktøjer i aluminium, og de forventes at kunne producere 100.000 emner i deres levetid. Værktøjet til top-delen af foden skal have mange bevægelige dele, hvilket nedsætter levetiden, så dette forventes at kunne producere 50.000 emner. Levetiderne blev også vurderet i samarbejde med Søren. Afskrivningen bliver medregnet i økonomiarket ved at dividere kostprisen af værktøjerne med det forventede antal producerede emner og lægge dette til.

Overslagsberegning					
Omkostning	Type	Antal enheder	Pris pr. enhed	Pris total	Kommentar
Sprøjtestøbeværktøjer:					
Fod top	Engangsbeløb	1	150.000,00 kr.	150.000,00 kr.	Værktøj produceret i Kina
Fod bund	Engangsbeløb	1	60.000,00 kr.	60.000,00 kr.	Værktøj produceret i Kina
Bjælke del 1	Engangsbeløb	1	75.000,00 kr.	75.000,00 kr.	Værktøj produceret i Kina
Bjælke del 2	Engangsbeløb	1	75.000,00 kr.	75.000,00 kr.	Værktøj produceret i Kina
Kantprofil	Engangsbeløb	1	50.000,00 kr.	50.000,00 kr.	Værktøj produceret i Kina
Sko	Engangsbeløb	1	50.000,00 kr.	50.000,00 kr.	Værktøj produceret i Kina
Produktionspriser pr. stk.:					
Fod top	Stykpris	294	9,00 kr.	2.646,00 kr.	
Fod bund	Stykpris	294	3,00 kr.	882,00 kr.	
Bjælke del 1	Stykpris	553	3,00 kr.	1.659,00 kr.	
Bjælke del 2	Stykpris	553	5,00 kr.	2.765,00 kr.	
Kantprofil	Stykpris	70	2,50 kr.	175,00 kr.	
Sko	Stykpris	294	2,50 kr.	735,00 kr.	
Afskrivning værktøj:					
Fod top	Pris pr. emne	294	3,00 kr.	882,00 kr.	Antager 50.000 emner pr værktøj
Fod bund	Pris pr. emne	294	0,60 kr.	176,40 kr.	Antager 100.000 emner pr værktøj
Bjælke del 1	Pris pr. emne	553	0,75 kr.	414,75 kr.	Antager 100.000 emner pr værktøj
Bjælke del 2	Pris pr. emne	553	0,75 kr.	414,75 kr.	Antager 100.000 emner pr værktøj
Kantprofil	Pris pr. emne	70	0,50 kr.	35,00 kr.	Antager 100.000 emner pr værktøj
Sko	Pris pr. emne	294	0,50 kr.	147,00 kr.	Antager 100.000 emner pr værktøj

Overslagsberegninger fra (Bilag E 3)

Til sidst er der lagt emballage-, transport- og lageromkostninger ind. De samlede variable omkostninger ligger på 14.121,80 kr for en 42m² terrasse med en opstartsomkostning på 460.000 kr.

Salgsprisen på en 42m² terrasse med det nye koncept udregnes med en avance på 100% ift. indkøbsprisen, da dette er normalt for byggemarkeder med disse type produkter (Anthropic. (2026)). Det giver en samlet indkøbspris for terrassefødder og tilhørende dele svarende til en 42m² terrasse på 14.121 kr. og dermed en salgspris på 28.243 kr. Sammenligner man med den tilsvarende pris for 42m² terrasse med eksisterende løsninger, ligger den på 14.406 kr. i gennemsnit afhængig af type. Det nye koncept er altså omkring dobbelt så dyrt ift. gennemsnittet af de eksisterende løsninger, hvilket primært skyldes, at der går flere dele til at lægge samme mængde terrasse.

Salgspriser				
Salgspriser er pr. element og tager udgangspunkt i en avance på 100%. Der medtages ikke distributionsomkostninger.				
Element			Indkøbspris	Salgspris (100% avance)
Fod top			13,55 kr.	27,10 kr.
Fod bund			5,15 kr.	10,30 kr.
Bjælke del 1			5,30 kr.	10,60 kr.
Bjælke del 2			7,30 kr.	14,60 kr.
Kantprofil			4,55 kr.	9,10 kr.
Sko			4,55 kr.	9,10 kr.
Sum (en af hver)			40,40 kr.	80,80 kr.
Samlet indkøbspris for 42m ² terrasse u. avance	14.121,80 kr.			
Samlet salgspris for 42m ² terrasse m. avance	28.243,60 kr.			
Samlet kost-pris for 42m ² terrasse med andre terrassefødder (49kr pr fod)	14.406,00 kr.			

Salgspriser fra (Bilag E 3)

Alle værdierne i disse beregninger er som beskrevet vejledende og sandsynligvis ikke nøjagtige. Konceptet er langt fra modent nok til produktion, så der kan nå at ske en del med priserne, inden det når så langt. I stedet er det god praksis at vurdere tallene og bruge sin sunde fornuft.

Sammenligner man med de eksisterende terrassefødder, ligger prislejet højt men ikke urimeligt. Der er i forvejen stor variation i prisen afhængig af kvalitet og producent, så det menes at være en fair antagelse, at et nyt produkt vil placere sig i dette interval. Komplexiteten af geometrierne på det nye produkt afviger heller ikke særligt meget fra de nuværende løsninger, hvilket ellers er en af de større faktorer på produktionsprisen.

Kigger man på resultaterne fra spørgeskemaundersøgelsen, viste den at personer, der selv ville lægge en terrasse, i gennemsnit var villige til at bruge 27.600 kr. på den. Prisen på terrassefliser skal her inkluderes, og den varierer markant afhængig af type. Det er dog muligt at købe flere slags til omkring 240 kr. per m², hvilket løber op i omkring 10.000 kr. for 42 m². Det er altså en sammenlagt pris på omkring 38.000 kr. for den fulde terrasse, og det vurderes at være i den dyre ende, men inden for rimlighedens grænser. Tages det i betragtning at man potentiel kan spare prisen for en håndværker, der laver terrassen i stedet, ser det mere fornuftigt ud. Dog skal det stadig bestræbes at nedsætte omkostningerne, da dette er en af de helt store faktorer for et produkts konkurrencedygtighed.

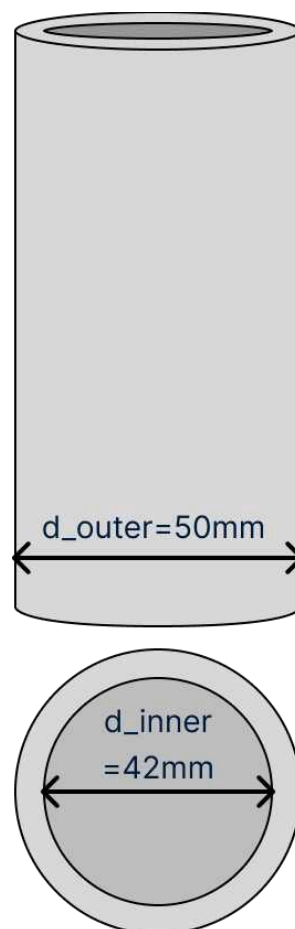
12.2 Styrkeberegninger

Bekymringer om holdbarhed og styrke har været et gentagende emne i løbet af projektet. De omhandler ikke kun det nye koncept men også de eksisterende løsninger på markedet. Det skyldes formentligt, at produkterne bliver produceret i plastik, hvilket ofte bliver set på som et ikke så holdbart materiale. Dog kan de fleste terrassefodder, som er blevet undersøgt i konkurrentanalysen, holde til minimum 10 kN, hvilket svarer til 1 ton i vægt. Nogle af de billigere produkter har en minimum bæreevne på omkring 1-2 kN, men det er et normalt trade-off mellem kvalitet og pris. Ikke desto mindre skal der laves nogle beregninger på det nye koncept for at se, om det kan holde til de kræfter, det vil blive udsat for i hverdagen. Der udføres en række beregninger, styrkesimulationer samt vurderinger fra værkstedspersoner, hvilket fører til en samlet vurdering af konceptets styrke og holdbarhed.

Som udgangspunkt er vurderingen, at hvis konceptet kan holde til minimum 10 kN, så er det holdbart nok. Da fliserne hviler på 4 terrassefodder hver, vil kræfterne blive fordelt ud på de 4 fodder. Det betyder altså, at fodderne i teorien kan holde til, at der ligger 4 ton på en given flise, hvilket i så fald formentligt vil knække flisen før foden. Desuden er der ikke nogen årsag til at have højere krav om styrken, da konceptet blot skal være konkurrencedygtig på denne parameter sammenlignet med de eksisterende løsninger.

Styrkeberegning på cylindrisk rør

For at udføre nogle overordnede styrkeberegninger, bliver fodderne simplificeret. Både top- og bund-delen af fodderne kan betragtes som et cylindrisk rør med vægtykkelse 4mm. Dette skyldes at komponenterne skal sprøjtestøbes, hvilket medfører et krav om, at alle vægge skal være tilnærmelsesvis samme tykkelse for at undgå deformation under nedkøling. For et cylindrisk rør af denne størrelse vil den første fejlkilde være plastisk deformation af materialet, da røret er for kort til at begynde at lave "søjleudknækning" (Eulers Buckling Load). Formlen, for hvornår materialet begynder at deformere plastisk, kan udregnes ved at gange materialets flydespænding med tværsnitarealet af røret. Materialet forventes at være PP, så flydespændingen er, i den lave ende, omkring 25 MPa ganget med tværsnitarealet på 578 mm² hvilket giver forventet plastisk deformation ved ca 14.5 kN. Flydespændingen for PP ligger typisk højere end 25 MPa, så dette menes at være et konservativt bud. Desuden kan denne forhøjes yderligere ved at blande glasfibre i, hvilket fordobler styrken ift beregningen. En mere uddybende oversigt over denne beregning samt de følgende beregninger kan findes i (E 1.1 - Styrkebetragtninger).



Dimensioner på cylindrisk rør

Styrkeberegning på gevind

Foden består af et indre gevind i top-delen og et ydre gevind i bund-delen. Det er primært gevindet, der overfører normalkræfterne mellem de to dele, så det skal undersøges, hvorvidt det er i stand til at modstå disse kræfter. Gevind-typen er en ACME-type, hvilket betyder at profilen består af trapezer frem for trekanten. Dette er en stærkere gevindtype, hvorfor netop denne type er valgt til formålet. For at beregne styrken blev der brugt AI (ChatGPT), og følgende oplysninger blev givet:

Nominal diameter D: 50 mm

Thread angle: 29°

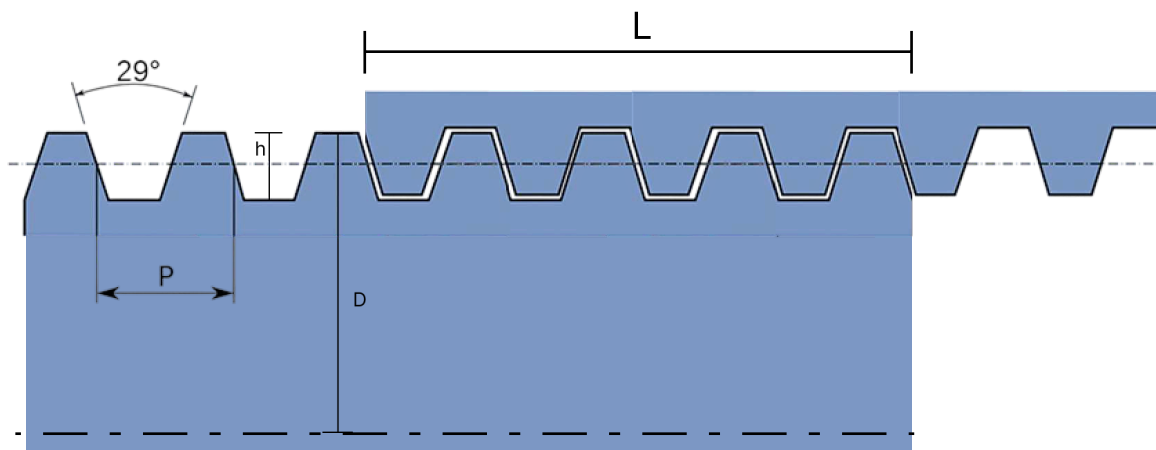
Pitch P: 6 mm

Thread height h: 3.1 mm

Thread engagement L: 24 mm

Material: *likely 30% GF-PP*

Number of engaged turns: 4 (svarende til under 1/3 af gevindets fulde længde)

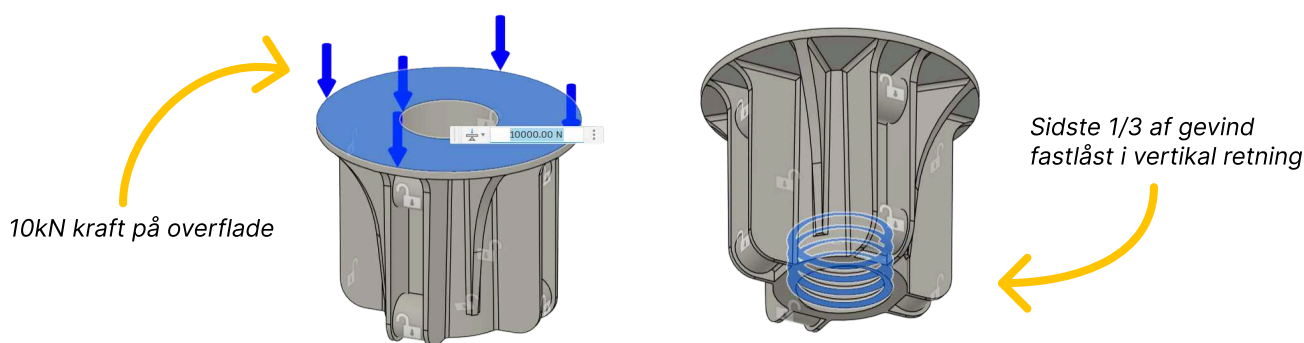


Dimensioner på gevind

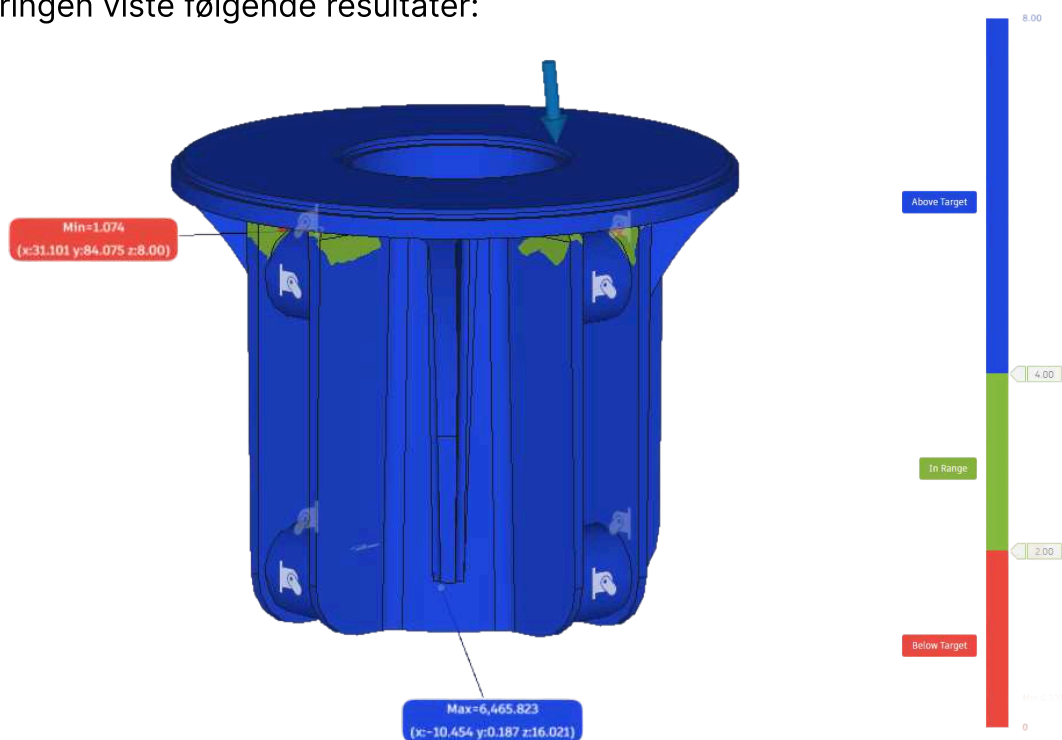
Ud fra disse oplysninger blev det estimeret, at gevindet ville kunne holde til omkring 35 kN, før det bliver strippet af. For en mere detaljeret gennemgang refereres der til (E 1.3 - Styrkebetragtninger). Med en tilladt belastning på max 10 kN giver dette en sikkerhedsfaktor på 3.5, hvilket er rimeligt.

Styrkesimulation i Fusion 360

Under erkendelsen af, at disse to beregninger er forholdsvis simplificeret blev der lavet en styrke-simulation i Fusion 360 (se *bilag E 1.2 - Styrkebetragtninger*). Her blev den faktiske model af fodens top-del udsat for 10 kN på topfladen og fastholdt i den nederste 1/3 af gevindet. Det betyder, at normalkræfterne fra de 10 kN presser på undersiden af gevindet og simulerer, at bund-delen er skruet ind i toppen og overfører kræfterne.



Simuleringen viste følgende resultater:



Styrkesimulation på fodens top-del

Farverne er opdelt efter sikkerhedsfaktor, så områderne i rød har en sikkerhedsfaktor på under 2, hvilket ikke er acceptabelt. Her kan man se, at størstedelen af foden er blå, hvilket betyder at den har en sikkerhedsfaktor på over 4. Der er enkelte lokale steder, hvor sikkerhedsfaktoren er nede omkring 1, så her skal der laves nogle forstærkninger. Ellers virker det til, at foden overholder de styrkekrav, der er blevet sat.

Vurdering fra værkstedsarbejder

Som den sidste del af styrkebetragtningerne blev der taget en dialog med værkstedsarbejder Rasmus fra SkyLab, DTU, hvilket også fungerede som et form for virkeligheds-tjek oven på de forsimplede beregninger og simulationer. Han er selvsagt ret erfaren i materialelære, men har ikke brugt konkret styrkelære i nogle år. Dog mente han ikke, at styrke og holdbarhed var noget problem, da han blev præsenteret for det nye koncept. Han mente at polypropylen er et stærkt materiale og at det er særligt modstandsdygtig over for vind og vejr.

Det er altså vurderingen, at konceptet er tilstrækkeligt holdbart, så længe de rette designændringer ifm. klargøring til sprøjtestøbning bliver lavet.

13 Diskussion

Dette afsnit reflekterer kritisk over projektets gennemførelse. Begrænsninger i produktanalysen og brugerundersøgelsen identificeres og diskuteres. Designprocessen og anvendte metoder vurderes. Endelig gennemgås uafklarede aspekter i det endelige designforslag samt potentiale for videre udvikling.

13.1 Begrænsninger

Projektet er baseret på indledende produktanalyser og brugerundersøgelser. Hvis disse undersøgelser er for snævre eller mangler relevant viden, vil det vise sig i det endelige designforslag. Det er derfor vigtigt at tage forbehold og være bevidst om begrænsningerne i disse faser.

Produktanalyse

I produktanalysen blev der taget udgangspunkt i de lettest tilgængelige terrassefodder (Eurotec) på det danske marked, for få et indblik i den mest typiske brugeroplevelse. Produktanalysen viste tydelige begrænsninger af brugervenligheden for uerfarne brugere af Eurotecs terrassefodder. Hvis projektet havde bedre økonomiske ressourcer, skulle der også have været udført en produktanalyse af andre terrassefodder på markedet. Dette ville have givet et indblik i, om det kun er Eurotecs terrassefodder der er ikke er brugervenlige, eller om det er en generalitet. På baggrund af en vurdering af andre terrassefodder blev der fundet en lille grundlæggende funktionel forskel af terrassefodder på det nuværende marked. Derfor blev det vurderet, at produktanalysen stadig var retvisende og dermed valid.

Brugerundersøgelse

Brugerundersøgelsen bestod af kvalitative og kvantitative undersøgelser. Begrænsninger af udvalgte undersøgelser vil gennemgås herunder:

1. Spørgeskema rettet mod uerfarne brugere

Spørgeskemaet blev udgivet på projektgruppens individuelle Facebook-profiler, og var rettet mod uerfarne brugere. Antallet af respondenter var 36, hvilket blev vurderet til at være nok til at give et forholdsvis retvisende resultat, men en typisk dataindsamling ville kræve markant flere respondenter.

2. Interviews med sælgere

Sælgere blev kontaktet for at få viden om markedet af terrassefodder og den feedback, som kunder giver om terrassefodder. Det var tydeligt at sælgerne naturligvis har et bias til fordel for de terrassefodder, som virksomheden sælger. Af denne grund blev resultaterne af denne brugerundersøgelse tolket med et forbehold for et bias.

3. Spørgeskema rettet mod gør-det-selv-erfarne brugere

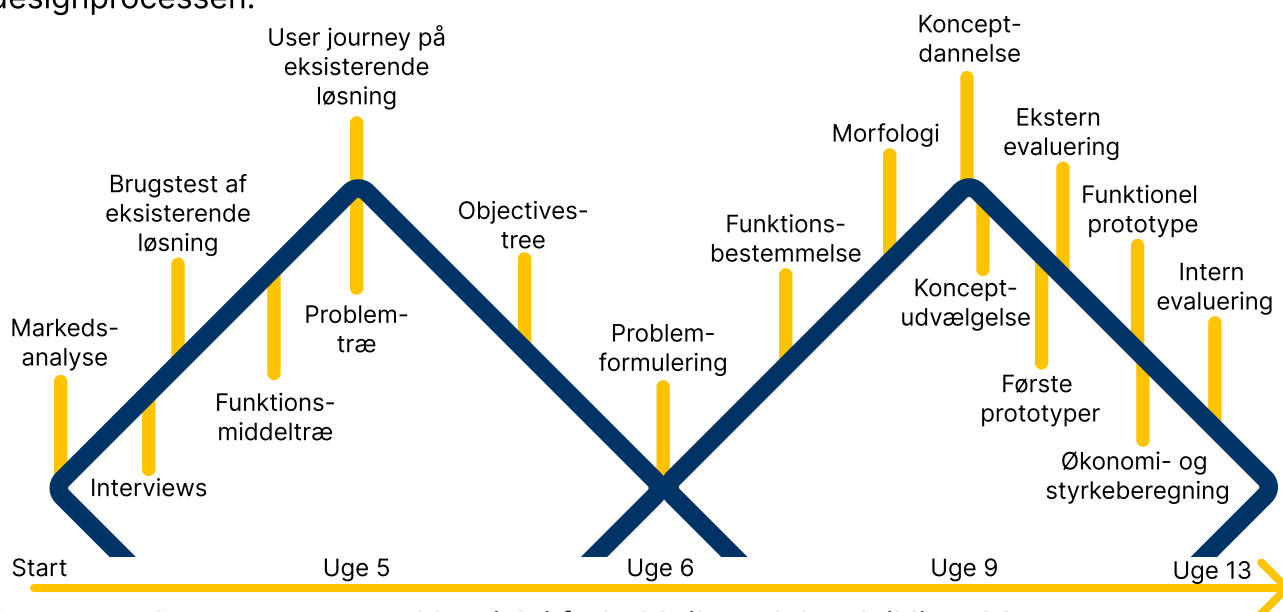
Et spørgeskema rettet mod gør-det-selv-erfarne brugere blev udgivet på samtlige danske gør-det-selv Facebook-grupper. Samlet medlemsantal på tværs af disse Facebook-grupper er 250.000, men spørgeskemaet modtog kun 14 respondenter. Det var derfor svært at drage konklusioner fra dette spørgeskema.

Projektgruppen havde et ønske om at observere både professionelle og uerfarne brugere under terrasselægning for at opnå et bedre grundlag for designbeslutningerne. Projektets indledende brugerundersøgelser blev dog gennemført i vinteren 2026, hvor der ikke blev lagt nye terrasser i nævneværdig grad. Med en længere projektperiode ville det derfor have været relevant at supplere med yderligere observerende brugerundersøgelser.

Hvis projektet var blevet udført i samarbejde med en virksomhed med adgang til en større og mere relevant brugergruppe, såsom Bygma eller Silvan, ville spørgeskemaundersøgelserne sandsynligvis have opnået flere respondenter. På trods af disse begrænsninger vurderes projektets brugerundersøgelser samlet set at være tilstrækkelige i forhold til projektets omfang og formål.

13.2 Vurdering af proces og metodevalg

Processen er som beskrevet i metodeafsnittet baseret på Double-Diamond, hvor forskellige metoder løbende er blevet valgt for bedst muligt at bringe fremskridt i designprocessen. Følgende model redegør for metoder valgt igennem designprocessen.



Processen har været meget klassisk i forhold til produktudvikling. Mest bemærkelsesværdigt blev der undladt at udarbejde en grundspecifikation og en kriteriematrix.

Grundspecifikationer laves oftest sideløbende med en problemformulering, men det blev vurderet internt i gruppen og ved samtale med vejleder, at det ikke var passende at udarbejde en grundspecifikation, da den kræver, at der tages konkrete beslutninger om fysiske dele af produktet. Dette var projektet på daværende tidspunkt ikke egnet til, da det stadig var på et grundlæggende konceptuelt niveau.

Kriteriematrix er en metode, som anvendes til konceptudvælgelse. Udvalgte kriterier defineres og de fundne koncepter sammenlignes ud fra, hvor meget de opfylder kriterierne. Det blev internt i gruppen besluttet, at en vurdering af de mest lovende koncepter i samarbejde med Artlinco, vejleder og eksperter ville være mere givende.

Der indgår ikke en dedikeret målgruppeanalyse med tilhørende persona i denne rapport. Projektgruppen vurderede, at de indledende brugerundersøgelser gav tilstrækkelig indsigt i målgruppen, og at en særskilt analyse derfor ikke var nødvendig. Det kan dog diskuteres, om en mere struktureret tilgang til målgruppen kunne have styrket projektet, da et af de centrale fokusområder er brugervenlighed. Dette område er i sin natur både abstrakt og til tider subjektivt, hvorfor en dedikeret målgruppeanalyse potentielt kunne have bidraget til at gøre opgaven mere overskuelig og håndterbar. Udarbejdelsen af en persona kunne desuden have givet projektgruppen et mere konkret udgangspunkt i konceptfasen. Ved at arbejde med en fiktiv, men realistisk repræsentation af målgruppen ville det være lettere løbende at vurdere design- og funktionsvalg ud fra brugerens perspektiv. En sådan tilgang kunne have bidraget til mere konsekvente beslutninger og skabt et tydeligere fokus på brugerens behov gennem hele udviklingsprocessen.

13.3 Uafklarede aspekter i konceptet

Selvom konceptet opfylder de overordnede funktionelle krav, er der fortsat flere aspekter af designet, som ikke er endeligt afklaret, og som kan have betydning for den videre udvikling og realisering af konceptet.

Højdejusteringsinterval

Højdejusteringsintervallet på foden er et af de store punkter, som projektet ikke har formået at tage endegyldigt højde for. Der kan være store forskelle på, i hvilken højde terrasser skal opføres, da det i de fleste tilfælde afhænger af højden på husets sokkel. Konceptet kan på nuværende tidspunkt indstilles til mellem 110-180mm. Sammenlignet med de eksisterende produkter kan de indstilles i højden fra helt ned til omkring 25mm op til i nogle tilfælde over 500mm. Dette er dog kun muligt ved brug af forlængere eller ved at købe forskellige produkter i forskellige størrelser. Konceptet kan altså ikke bruges til terrasser under 110mm i højden eller over 180mm, hvilket er en konkurrencemæssig stor ulempe og dette skal der naturligvis tages højde for under videre udvikling. Det skal overvejes, hvorvidt en kombination med forlængere er fordelagtigt frem for udviklingen af forskellige størrelse fødder og bjælker.

Materialevalg

Det har gennem hele projektet været en forudsætning, at produktet skal produceres i Polypropylen. Dette skyldes, at polypropylen er et udbredt materiale til terrassefødder, hvilket også fremgår af den kvantitative produktsammenligning. Materialet er desuden relativt billigt og har en god balance mellem styrke og fleksibilitet samt høj resistens over for både kemikalier og vand. Det egner sig derfor godt til dette anvendelsesområde, hvilket også forklarer dets hyppige anvendelse i eksisterende terrassefødder. Ikke desto mindre bør alternative materialer fortsat overvejes, da de potentielt kan tilbyde andre relevante egenskaber eller miljømæssige fordele.

Miljøvurdering

Der er ikke blevet udført en miljøvurdering af konceptet i dette projekt. Fokus har primært været rettet mod konceptudvikling og funktionalitet, hvorfor miljømæssige aspekter ikke er blevet undersøgt nærmere. Da konceptet desuden fortsat befinder sig på et tidligt udviklingsstadium, har det heller ikke været muligt at foretage en konkret vurdering baseret på eksempelvis materialeforbrug, produktion og transport.

Miljøpåvirkning er dog et relevant aspekt, som med fordel kunne inddrages i det videre arbejde med konceptet.

Laserværktøj

Det kan diskuteres, hvorvidt løsningen med laserværktøjet er hensigtsmæssig. Ved at lave en monteringsløsning til eksisterende værktøjer frem for at lave et nyt, dedikeret værktøj går man glip af en potentiel business-case, hvor værktøjet sælges primært til håndværkere eller andre entreprenører med henblik på at tidsoptimere deres arbejdsgang. Da opgavens primære fokus er rettet mod private brugere, blev det vurderet, at en billigere og mere simpel løsning ville være bedre for også at mindske opstartsomkostninger for en potentiel virksomhed. Der bør i fremtiden genovervejes muligheden for et nyt værktøj, der kan tidsoptimere terrasselægningen yderligere. Et andet aspekt af værktøjsløsningen bunder i udviklingsfasen, hvor morfologien blev udført. Her blev der taget en beslutning om at opdele morfologien i to, således der var én morfologi til terrassefoden og én morfologi til værktøjet. Dette ledte til, at de resulterende koncepter blev udarbejdet uafhængigt af hinanden, hvilket ødelagde muligheden for et integreret koncept med et stærkere samspil mellem terrassefødder og værktøj. I stedet skulle koncepterne have inddraget begge produkter for at lave fuldkommende løsninger.

Vurdering af konceptets markedspotentiale

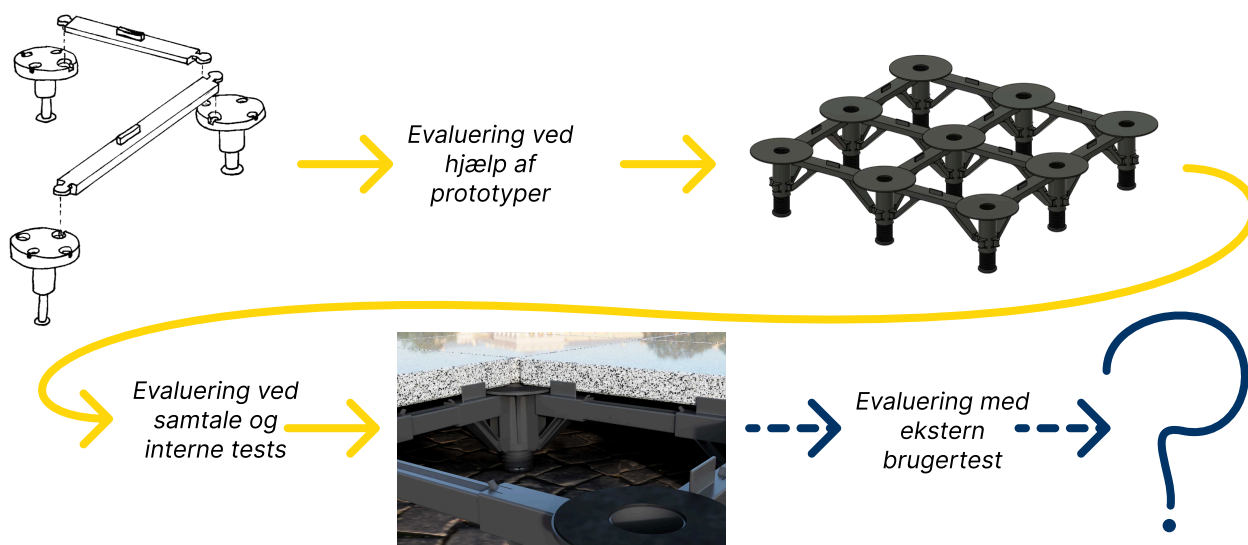
Ved projektets afslutning er det relevant at overveje, hvorvidt det endelige designforslag lever op til det markedspotentiale, der blev identificeret i problemformuleringen. Projektets formål har været at udvikle en løsning, der kan gøre det mere overskueligt for privatbrugere selv at anlægge en terrasse. Det er lykkedes at udvikle et koncept, som på flere punkter forbedrer de terrassefødder, der blev undersøgt og testet i begyndelsen af projektet. Det er dog fortsat uklart, om disse forbedringer i sig selv er tilstrækkelige til at skabe den ønskede ændring i markedet. Både den indledende spørgeskemaundersøgelse og de generelle samtaler gennem projektforløbet har peget på, at terrasselægning for mange opleves som en ukendt og teknisk krævende opgave. Samtidig er kendskabet til de eksisterende hjælpemidler begrænset. Dette indikerer, at designforbedringer alene muligvis ikke er nok til at få flere privatpersoner til selv at lægge terrasser. En bredere udbredelse kan derfor også kræve øget information, vejledning eller markedsføring, som kan gøre målgruppen mere opmærksom på mulighederne.

14 Fremtid

Dette afsnit redegør for projektets fremtidsperspektiver. Potentielle fremtidige iterationer af designprocessen beskrives, og nødvendige næste skridt identificeres. Derudover udføres en analyse af den investering, der er nødvendig for at undersøge projektets kommercielle potentiale.

14.1 Yderligere iterationer af designprocessen

Det endelige designforslag er udarbejdet på baggrund af en evaluering, men det udarbejdede koncept mangler yderligere evaluering og tests, før det kan valideres.



Den iterative designproces kan i princippet fortsætte for evigt, men på et tidspunkt skal der besluttes, om projektet er færdigudviklet. Det vurderes, at gitterkonceptet har for mange nedslagspunkter, der skal udforskes, før produktet er klar til at blive produceret. Følgende nedslagspunkter skal evalueres:

- Effekten af skoene på gevindet
- Konceptets optimering ift. sprøjtestøbning
- Afslutningsprofiler
- Yderligere styrkebetragtninger
- Laserværktøj
- Dimensionering af terrassefodderne

Følgende punkter skal idegeneres:

- Mulighed for installation af træterrasse
- Mulighed for installation på jord
- Udvikling af dedikeret projekteringsværktøj

Den vigtigste evaluering for konceptet, hvis projektet skulle fortsætte, er en test med eksterne førstegangsbbrugere som forsøger at installere en fliseterrasse ved hjælp af den nuværende gitterløsning og ved anvendelsen af laserværktøjet. Resultaterne fra denne evaluering vil blive implementeret. Det er svært at sige, hvor mange yderligere evalueringer der skal udføres, før produktet er klar til produktion.

14.2 Forretningsperspektiver

Hvis konceptet bliver valideret, skal projektets forretningspotentiale undersøges i gennem en Proof of Business (PoB). Dette gøres bedst muligt ved at investere i et pilotprojekt hvor gitterløsningen sælges til kunder. Det vurderes at en investering i 75 terrasser på 42 m² vil give nok data til at validere forretningsmodellen uden at påtage sig unødigt økonomisk risiko.

Investering i Proof of Business					
Omkostning	Type	Antal enheder	Pris pr. enhed	Pris total	Kommentar
Sprøjttestøbeværktøj		1		460,000.00 kr.	Sum af sprøjttestøbeværktøj
Produktionspris	Samlet for 42m2 terrasse	75	8,862.00 kr.	664,650.00 kr.	Sprøjttestøbes i PP
Logistikpriser	Samlet for 42m2 terrasse	75	3,189.90 kr.	239,242.50 kr.	Dette inkluderer fragt i container fra Kina, lokal transport i Danmark/EU og emballageomkostning
Sum				1,363,892.50 kr.	

Overslagsberegninger om PoB fra (bilag E 3.3)

Med en total investering på 1.363.892 kr. kan projektet gennemføre følgende aktiviteter:

Pilottest med reelle kunder (25 enheder)

De første 25 terrassesæt vil blive anvendt til en kontrolleret pilottest med udvalgte kunder. Dette inkluderer både professionelle håndværkere, private gør-det-selv-kunder og uerfarne brugere for at teste produktets anvendelighed på tværs af forskellige brugergrupper. Hver installation vil blive dokumenteret gennem interviews, fotografisk dokumentation og strukturerede spørgeskemaer, der måler installationstid, brugervenlighed og samlet kundetilfredshed.

Kommerciel markedstest (40 enheder)

40 terrassesæt vil blive solgt gennem 2-3 udvalgte distributionskanaler for at teste markedets reelle interesse og betalingsvilje. Dette kan omfatte salg gennem et lokalt byggemarked, en online platform og direkte salg til professionelle entreprenører. Ved at teste forskellige salgskanaler samtidig kan projektet identificere den mest effektive go-to-market strategi og justere prissætning baseret på faktisk markedsrespons.

Reserve og kvalitetssikring (10 enheder)

De resterende 10 enheder vil fungere som reserve til håndtering af eventuelle reklamationer, yderligere produkttest og demonstrationsmateriale til potentielle forhandlere og investorer. Dette sikrer, at projektet kan reagere hurtigt på uforudsete udfordringer uden at skulle investere i yderligere produktion.

Gennem PoB'en vil der blive indsamlet data om installationstid, kundetilfredshed, produktkvalitet, forhandlerinteresse og reelle produktionsomkostninger. Baseret på disse data vil der blive truffet beslutning om opskalering til fuldskala kommerciel produktion eller justering af konceptet.

15 Konklusion

Dette projekt har gennem en brugerorienteret designproces med afsæt i Double Diamond-modellen udviklet en forbedret løsning til installation af fliseterrasser med fokus på øget brugervenlighed.

Gennem produktanalyser, brugerundersøgelser og markedsanalyser blev der identificeret udfordringer i flere dele af installationsprocessen. Særligt finjusteringen af terrassefødderne i opsætningsfasen viste sig at være både tidskrævende og besværlig. Brugerundersøgelsen viste desuden, at 74 % af respondenterne prioriterer en nem installation højere end pris og æstetik, hvilket understreger behovet for en mere intuitiv løsning. Samtidig blev terrasseføddernes begrænsede evne til at håndtere ujævne underlag identificeret som en væsentlig udfordring, da dette reducerer antallet af mulige anvendelsesscenarier.

Det udviklede designforslag består af en gitterkonstruktion med fødder og bjælker, der søger at adressere disse udfordringer ved at reducere installationstiden og forenkle opsætningsprocessen. Konceptet bygger på simple klikløsninger, som gør det muligt hurtigt at samle gitteret. Derudover anvendes en skruemaskine samt nivelleringsværktøj i form af en linje- eller rotorlaser, hvilket gør højdejusteringen af fødderne mere overskuelig og effektiv. Den markant reducerede kontaktflade mellem foden og underlaget forbedrer samtidig konstruktionens evne til at tilpasse sig ujævnt terræn og bidrager dermed til at formindske dette problem.

Validering gennem styrkeberegninger og økonomiske analyser viste, at løsningen er teknisk realiserbar og potentielt konkurrencedygtig på markedet. Evalueringen med 3D-printede prototyper bekræftede konceptets funktionalitet og identificerede konkrete forbedringsområder. Konceptets endelige fysiske udformning er ikke fastlagt, og beregningerne er dermed baseret på de foreløbige designforslag. For at bringe konceptet til markedet kræves yderligere udvikling: validering gennem eksterne brugertests med målgruppen, optimering til sprøjtestøbning, udvikling af løsninger til træterrasser og installation på jord, samt færdiggørelse af afslutningsprofiler og projekteringsværktøj.

Projektet demonstrerer, at en brugerorienteret designtilgang kan identificere og adressere væsentlige udfordringer ved eksisterende terrasseløsninger. Det udviklede gitterkoncept repræsenterer en lovende retning for mere brugervenlige terrassefødder, der med yderligere iterationer har potentiale til at blive en kommercielt holdbar løsning på markedet.

Litteratur

Benjamog. (2020, 7. Juni). Joupplast 80 140 Pedestal Review and Installation Using 20mm Porcelain Tiles [Video]. YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=e_WIQNltlx8

Cross, Nigel. (2021). Engineering Design Methods: Strategies for product design (5. udg.). Wiley.

Council, Design. (2005). A study of the design process: Eleven lessons: managing design in eleven global brands. https://www.idi-design.ie/content/files/ElevenLessons_Design_Council_2.pdf

IBF. (2024, August). Modulfliser 15-30-60 (1438). Ikast Betonfabrik. <https://ibf-dk.b-cdn.net/produktdeklarationer/1438.pdf?v=1>

IBF. (2024, August). Modulfliser 20-40 (1447) [Deklaration]. Ikast Betonvarefabrik. <https://ibf-dk.b-cdn.net/produktdeklarationer/1447.pdf?v=1>

IBF. (2024, August). Modulfliser 25-50 (1450). Ikast Betonfabrik. <https://ibf-dk.b-cdn.net/produktdeklarationer/1450.pdf?v=1>

Justeringsnøgle til flisefødder - UPTEC. (s.d.). Murerbutikken. Lokaliseret den Maj 2026 på <https://murerbutikken.dk/shop/justeringsnoegle-til-uptec-flisefoedder-971p.html>

Knudsen Terrassesæt. (s.d.). Knudsen Kilen. Lokaliseret den Maj 2026 på <https://knudsenkilen.dk/da/produkter/terrassesystem/terrasseset>

ManoMano. (s.d.). Essentiel paved terrace riser pedestal 80 to 140 mm JOUPLAST. ManoMano. Lokaliseret den 2026 Maj på <https://www.manomano.co.uk/p/adjustable-pedestal-80-140-mm-4851122>

PRO adjustable pedestal XS / PRO S: Profi-Line adjustable pedestals. (2026, Maj). Eurotec. <https://eurotec.team/en/products/deck-construction-and-landscaping/profi-line-adjustable-pedestals/pro-adjustable-pedestal-xs-pro-s>

Profilitec. (2022, 27. Januar). [EN] Uptec | Uptec Pedestal Calculator tutorial [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=ZWtkLn85oWs>

Litteratur

a2supply. (s.d.). 2 i 1 justerbare terrassefødder til fliser og trædæk fra Clever Level. AtoSupply. Lokaliseret den May 2026 på <https://a2supply.dk/terrassefoedder/clever-terrassefoedder>

byggmax. (s.d.). Terrasseopklodsning Yeed. Terrasseopklodsning Lokaliseret den May 2026 på Yeed. <https://www.byggmax.dk/terrasseopklodsning-yeed-p21545#1230=71891>

DD-group. (s.d.). What is a self-leveling head and when is it used?. DD Group. Lokaliseret den May 2026 på <https://ddgro.eu/en/faq/self-leveling-head-on-pedestal/>

Jouplast. (s.d.). Slope Corrector for Paving and Decking Essential Riser Pedestal. Jouplast. Lokaliseret den May 2026 på <https://www.jouplast.com/en/products/slope-corrector-for-paving-and-decking-essential-riser-pedestal/>

Profilitec. (s.d.). UPTEC SUPACLPP. Profilitec. Lokaliseret den May 2026 på <https://www.profilitec.com/en/product/supaclpp-perimeter-clip>

Profilitec. (s.d.). TERRASSE AFSLUTNINGSPROFIL. TERRASSE AFSLUTNINGSPROFIL, KOKSGRÅ. Lokaliseret den Maj 2026 på <https://afslutningsprofiler.dk/shop/terrasse-afslutningsprofil-1836p.html>

Murerbutikken. (2020, 6. April). Flisekant på opklodset terrasse [Video]. Murerbutikken. <https://www.youtube.com/watch?v=T6J-IQZY9bA>

Anthropic. (2026). Claude (Sonnet 4.6) [Stor Sprogmodel]. Claude.ai

Ceramiche Keope. (2026). TECHNICAL FEATURES. Omnia. https://cdn.keope.com/website/media/uzvhcfjd/scheda_tecnica_2026_omnia.pdf?_gl=1*1onpha8*_gcl_au*NDY0OTc4ODg0LjE3Nzg3NDQ2MTI