De Biobaserede Byggevejledninger

Inden for de præ-accepterede løsninger i BR18-Kap.5 Bilag 1a

CFBB



Fundament

...tænkt cirkulært

De Biobaserede Byggevejledninger

FUNDAMENT ...tænkt cirkulært

Udgivet af

Center for Bæredygtig Byggevejledning

De Biobaserede Byggevejledninger ©
FUNDAMENT ...tænkt cirkulært

1.udgave. 5.dec.2025 . København

Forfatter	David Rangan
Tegninger	Jonas Aarsø, Agit Coskun, David Rangan
Rådgivning	Jonas Aarsø , Kristoffer Negendahl, Kenneth Stærkjær, Lasse Trude Walther, Max Vittrup Jensen, Mette Høj
Udvikling	Rune Nissen, Jonas Aarsø, Anders Damgaard Sejersen, Magnus Henriques, Mikkel Damgaard, Jacob Bredahl, Anders Tønsberg Petersen, Lars Keller, Morten Lind, Johnny Vind, Simon Sjøgaard, Samuel Møller Mydland, Michel Guldberg Frydendall, David Rangan
Grafik	Gustav Zeuthen, Henriette Lamm, David Rangan, Nylan Nelemans

Dette er en del af fire udgivelser i projektet *”De Biobaserede Byggevejledninger”*

Projektet er udført i samarbejde mellem: Foreningen-LINX, Center for Biobaseret Byggevejledning og nikolova/aarsø

Støttet af Realdania



1. Ophavsret

1.1. © 2025 Center for Biobaseret Byggevejledning (CfBB). Alle rettigheder forbeholdes.

1.2. Materialet er beskyttet i henhold til ophavsretsloven. Det må ikke kopieres, distribueres, offentliggøres digitalt eller anvendes kommercielt uden forudgående skriftlig tilladelse fra CfBB.

1.3. Korte citater, billeder og figurer må anvendes til undervisning og ikke-kommerciel faglig formidling i overensstemmelse med ophavsretslovens § 22, forudsat at der gives tydelig kildeangivelse.

1.4. Al anden brug – herunder systematisk kopiering, digital deling, trykning eller indarbejdelse i nye produkter eller publikationer – kræver skriftlig tilladelse fra CfBB.

2. Ansvarsfraskrivelse

2.1. Denne vejledning er udarbejdet som generel information og inspiration om biobaserede byggemetoder. Den udgør ikke teknisk rådgivning, projektering eller myndighedsgodkendelse.

2.2. Indholdet er baseret på bedste viden og gældende standarder ved udgivelsestidspunktet. Brugeren er ansvarlig for, at konkrete projekter opfylder gældende lovgivning, standarder og producentanvisninger.

2.3. Enhver anvendelse af materialet sker på brugerens eget ansvar. CfBB og medvirkende parter fraskriver sig ethvert ansvar for direkte eller indirekte tab, skader, følgeskader, driftsstop eller andre konsekvenser som følge af brugen af materialet.

2.4. For produktgarantier henvises til den enkelte leverandør, som alene er ansvarlig for egne betingelser og anvendelsen af materialet.

Indholdsfortegnelse

5 Det kan du med De Biobaserede Byggevejledninger
6 Enfamiliehus-typologi (CfBB typologi)
7 Hvorfor lige sådan?
8 Sådan bruger du De Biobaserede Byggevejledninger
8-10 info om hævede terrændæk
11–12 Hævet terrændæk træ - Tegninger
13–14 Bærende væg træ - Tegninger
15–16 Hævet terrændæk hamp - Tegninger
17–18 Bærende væg hamp - Tegninger
19–20 Hævet terrændæk halm - Tegninger
21–22 Bærende væg halm - Tegninger
23–24 Terrændæk på isolerende dræn med skruefundering
25–26 Terrændæk på isolerende dræn med skruefundering - Tegninger
27–28 Bærende væg – terrændæk på isolerende dræn.. - Tegninger
29–30 Pudefundament og vægtaflastende fundament
31–32 Pudefundament - Tegninger
33–34 Bærende væg – pudefundament - Tegninger
35 Hvad er tankerne bag?
36-37 Hvad skal du tænke på når du planlægger?
38-39 Hvordan understøttes bæredygtig udvikling?
40–41 Brand
42–45 Fugt
46–47 Holdbarhed
48 Energiløsninger
49 LCA
50 LCA estimat / Isoleringstykkelser
51–52 Materialeliste
53-54 Litteraturliste

Det kan du med

De Biobaserede Byggevejledninger

Hvad er De Biobaserede Byggevejledninger ?

De Biobaserede Byggevejledninger (DBB) beskriver principielle biobaserede konstruktioner. De beskriver også andre konstruktioner, der med lav klimapåvirkning kan understøtte biobaserede byggemetoder inden for BR18 kapitel 5, bilag 1a. Center for Biobaseret Byggevejledning (CfBB) og centerets specialistteam udgiver vejledningerne. Der indgår en del fagudtryk i vejledningerne. Langt de fleste bliver løbende forklaret i infobokse.

Forholdet til alment teknisk fælleseje
DBB er vores bedste forslag til principielle biobaserede konstruktioner inden for den definerede hustypologi. Udgivelsen forholder sig til krav som brand, fugt og holdbarhed m.m. og kommer med forslag til, hvordan validering kan udføres i forhold til udgivet alment teknisk fælleseje. Se vores litteraturliste.

DBB som inspiration
De Biobaserede Byggevejledninger er inspiration. Vi foreslår specifikke konstruktioner og viser, hvordan man kan validere dem. Vi påtager os ikke ansvar eller garanti for konkrete byggeprojekter, der bruger vores vejledninger som udgangspunkt.

Parallelle udgivelser med leverandørgaranti
Leverandører af biobaserede byggematerialer i DBB udgiver deres egne leverandørbyggevejledninger med produktgaranti. Du finder disse på CfBB's hjemmeside, hvor du også finder både vores og andre leverandørers publikationer. www.cfbb.dk

Det bedste, vi kan nu
Konstruktionerne i denne vejledning er udviklet i et helhedsorienteret samarbejde med virksomhederne Fremtidens Fundament, MATERIALS WE LIKE og deres netværk. De er et udtryk for de bedst tænkelige løsninger, med den viden og erfaring vi har nu.

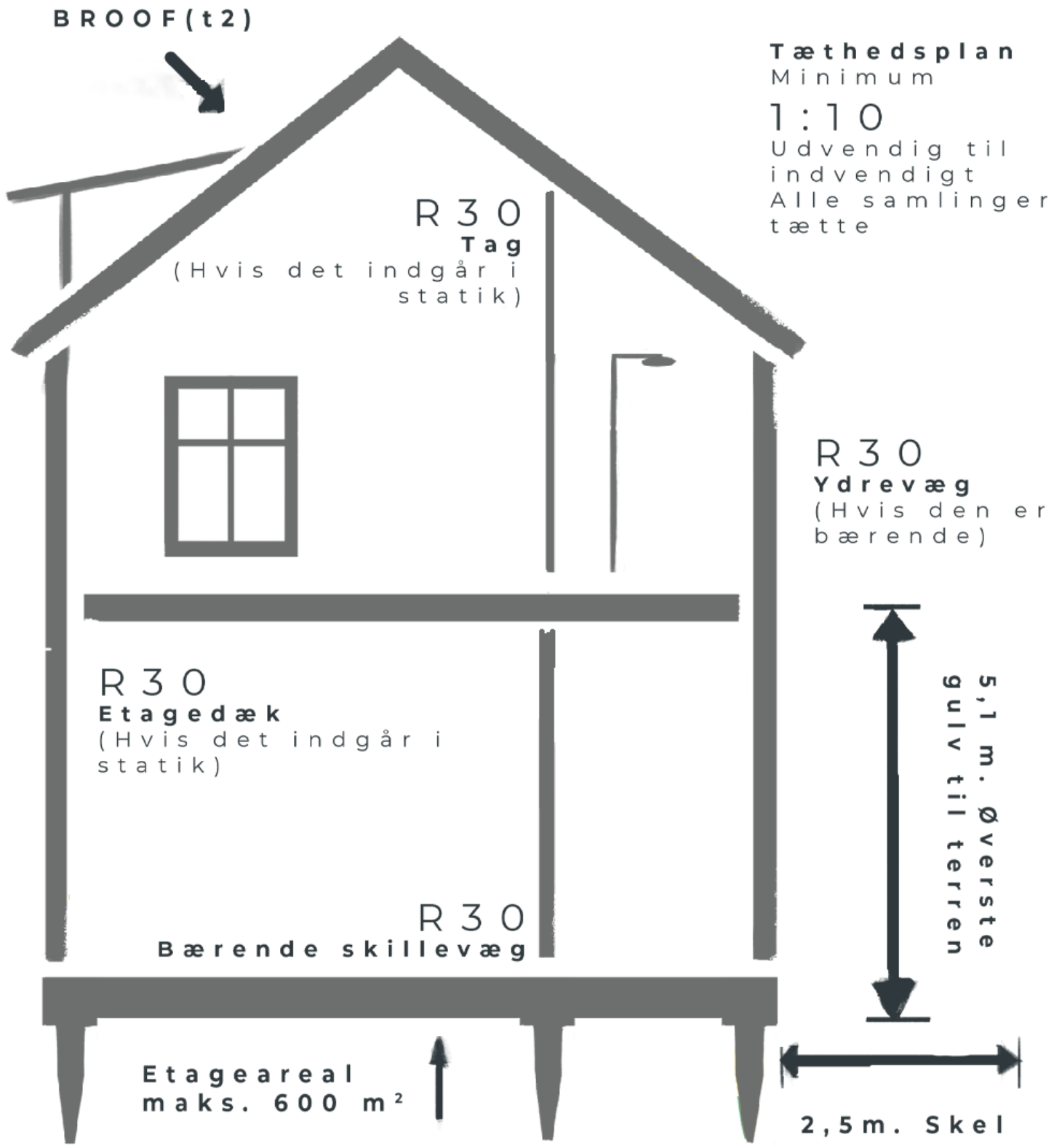
Tilpas til dit projekt
Læseren kan tilpasse og videreudvikle principperne til konkrete projekter. Vejledningen beskriver de væsentlige overvejelser, så de kan indgå direkte i det videre arbejde. Følg altid producenternes egne montagevejledninger.

Du kan mere, end vi har beskrevet
Der findes flere muligheder for at bygge biobaseret inden for de præaccepterede løsninger. Vi har fravalgt nogle af dem. I sidste afsnit kan du læse vores overvejelser.
Du kan også bygge på andre måder inden for denne typologi, end de præaccepterede løsninger foreskriver. I sådanne tilfælde skal en brandrådgiver udføre den projektspecifikke vurdering.
Det er desuden muligt at bygge med biobaserede materialer i andre bygningstypologier. Det beskrives i de tilhørende bilag til bygningsreglementet.

Vil du med?
Hvis du kender materialer, der kan indgå i konstruktionerne, så kontakt os. Vi vurderer gerne, hvordan de kan optages i byggevejledningen.

Hustypologi
Hustypologi beskriver de krav i bygningsreglementet, der afhænger af bygningens anvendelse og størrelse. Kravene påvirker de konstruktive muligheder, som byggevejledningen skal forholde sig til. Denne vejledning er udviklet til én hustype og giver et overblik over de relevante krav og biobaserede løsninger.

Enfamiliehus-typologi
De biobaserede Byggevejledninger



CfBB Enfamiliehus Typologi

CfBB's enfamiliehustypologi beskriver den ramme, vi har udviklet byggevejledningerne til. Typologien holder sig inden for de præaccepterede løsninger i BR18 kapitel 5, bilag 1a, men med enkelte strategiske fravalg.
Typologien omfatter:

- Fritliggende og sammenbyggede enfamiliehuse og fritidshuse samt tilbygninger i brandklasse 1
- Kun bygninger med tagmateriale i klasse Broof (t2)
- Højeste gulvniveau op til 5,1 m og maksimalt 2 etager over terræn
- Kun lodrette boligskel
- Et samlet etageareal på maksimalt 600 m²
- Mulighed for liberalt erhverv og sammenbygning med andet erhverv i brandklasse 1
- Mulighed for integreret garage eller værksted

Hvorfor lige sådan?

Formål og overvejelser
Formålet med De Biobaserede Byggevejledninger (DBB) er at give små og mellemstore byggevirksomheder, tegnestuer, rådgivere, trælaster og uddannelsesinstitutioner et fælles redskab til planlægning af biobaserede byggeprojekter. Materialeleverandørerne udgiver parallelt deres egne byggevejledninger med produktgaranti. De beskriver næsten det samme, men begrænser sig til leverandørens materialer. DBB fungerer derfor som tværfagligt kommunikationsmedie for hele byggebranchen, til sammen at bygge biobaseret.

Overvejelser om hustypologi
Byggevejledningerne tager udgangspunkt i hustypologien CfBB enfamiliehus. Undersøgelser viser, at denne typologi har størst gennemslagskraft i hele byggebranchen.

Overvejelser
- Størstedelen af eksisterende og kommende bruttoetageareal ligger inden for denne typologi.
- Erhvervsuddannelsernes pensum dækker primært konstruktioner i samme typologi.
- Håndværkere og små tegnestuer træffer flest beslutninger i projekter, der falder inden for denne ramme.
- Typologien gør det lovgivningsmæssigt lettere at bruge en høj andel biobaserede materialer.
- Den holder sig inden for de præaccepterede løsninger i BR18 kapitel 5, bilag 1a.
- Projekter kan placeres i brandklasse 1, så en brandrådgiver ikke nødvendigvis skal inddrages.
- Fugtanvendelsesklasse 3 (ukendt beboersammensætning) gør det muligt at udleje boligen uden problemer med forsikringsdækning.

Valg og fravalg vedrørende brand
Brandklasse 1 uden brandsektionsopdeling
Valget af brandklasse 1 fravælger bygninger over 600 m² etageareal og rækkehusprojekter over 1.200 m², hvor der ville være krav om brandsektioner. Unikke projekter, der kræver specifik brandprøvning, indgår heller ikke. Logikken er, at byggevejledningerne skal give konkrete eksempler på konstruktioner, der kan anvendes mest muligt inden for præaccepterede løsninger. Dette sker generelt uden behov for en brandrådgiver i hvert projekt. Ved større projekter tilknyttes der alligevel ofte en brandrådgiver.

Ingen stråtag men BROOF(t2)
Valget af tagklassifikation BROOF(t2) udelukker f.eks. stråtage og ålegræstage. Disse tagtyper kræver på nuværende tidspunkt mineralsk isolering i alle bygningsdele, når man følger de præaccepterede løsninger. Vi ser frem til at udarbejde en særskilt byggevejledning til huse med stråtag. Den mangler.

Gulvniveau og bygningens højde
Typologien omfatter huse med maksimalt to etager over terræn, hvor øverste etagedæk ligger højst 5,1 m over terræn. Hvis man ønsker tre etager, skal nederste gulv ligge delvist under terræn. Huse med højere gulvniveau giver færre muligheder for biobaserede materialer og behandles i en kommende vejledning til denne hustypologi.

Lodrette boligskel
Kun lodrette boligskel indgår. Hvert boligskel er en brandcelleadskillende bygningsdel, hvilket skærper kravene til de tilstødende konstruktioner. Skrå eller vandrette boligskel behandles i en fremtidig vejledning til denne hustype.

Fugt
Fugtanvendelsesklasse 3 er valgt for at sikre muligheden for udlejning. Denne fugtanvendelsesklasse kaldes ubekendt beboersammensætning og svarer cirka til to teenagere på et værelse, hvor der ikke bliver luftet ud. Det er ofte den robusthed, forsikringsselskaberne kræver ved forsikring af en ejendom, der bliver lejet ud. Det har ikke væsentligt begrænset konstruktionernes udformning i vores arbejde, at vi anvender denne fugtanvendelsesklasse.

Sådan bruger du

De Biobaserede Byggevejledninger

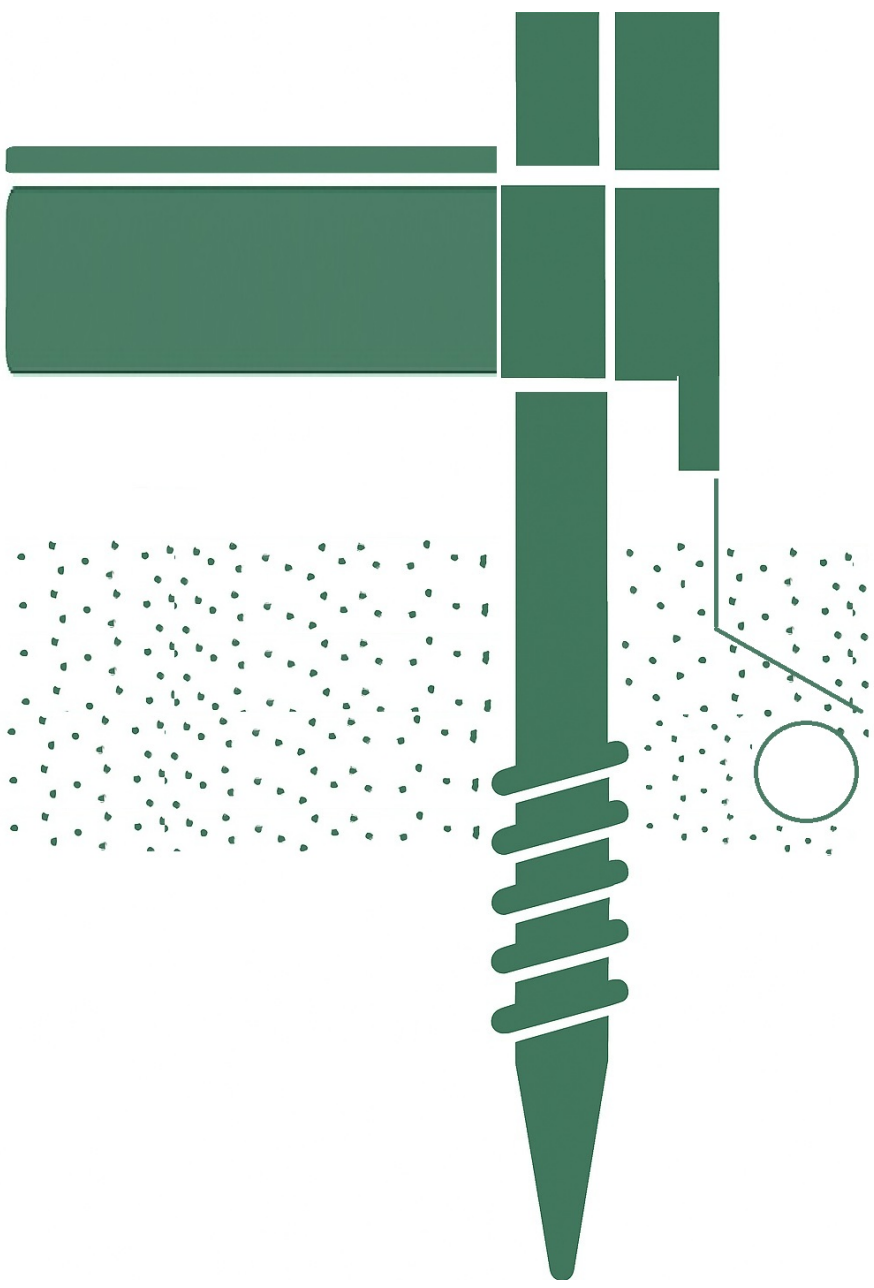
På de næste sider viser vi principielle konstruktioner og vores bedste løsningsforslag til, hvordan man i dag kan bygge med biobaserede materialer. Vi beskriver også de lovkrav, der gælder, og de faglige valg, vi har truffet under udviklingen.
Formålet er, at du både kan bruge dem som de er men og tilpasse og videreudvikle konstruktionerne, så de passer til dit projekt – og stadig kan valideres i forhold til alment teknisk fælleseje.

Hævet terrændæk

Hvornår vælger man hævede terrændæk?
Hævede terrændæk anbefales, når jordbundsforholdene er stabile, og grundvandsstanden ligger under terræn hele året. Den bærende jord skal kunne opnås uden brug af dybe fundamentskruer. Et omfangsdræn hele vejen rundt om bygningen forbedrer afvandingen og mindsker risikoen for opfugtning.
Planlægningsfasen: samarbejde, vurderinger og prøveskruning
Vi anbefaler at inddrage et skruefundamentsfirma allerede i den tidlige planlægning. En teknisk samtale om bygningens udformning og krav kan hurtigt afklare, om skruefundering er egnet – eller hvilke tilpasninger designet kræver.
En prøveskruning på grunden er den mest effektive og økonomiske metode til at vurdere jordens bæreevne. Hvis resultaterne viser, at skruefundering er en mulighed, udføres efterfølgende en egentlig jordbundsundersøgelse. Det giver et bedre og ofte billigere forløb, når undersøgelsen udføres af teknikere, som skruefundamentsfirmaet er vant til at samarbejde med.
Vi anbefaler også, at skruefundamentsfirmaet deltager i byggemøder allerede i skitsefasen, da deres erfaring med udførelse og dokumentation giver et mere robust projektgrundlag.
Forberedelse af byggegrunden
Inden pælene sættes, fjernes muldlaget, så det senere kan erstattes med et drænende lag grus. Det reducerer fugtophobning og forhindrer plantevækst under terrændækket. Et omfangsdræn med samlebrønd fungerer som skybrudsbuffer og muliggør løbende kontrol af drænets funktion.

Hævet terrændæk på skruefundament

Til træ, halm, hamp & andet



Skruefundamentet og frihøjde
Vi anvender en universel skruefundamentsløsning, hvor pælene placeres med ca. 3 meters mellemrum langs ydervæggen og i husets midte. Konstruktionen er dimensioneret til to etager og tungt tag. Pælene står typisk 300–600 mm over terræn og kan nå højere med afstivning. Montagen skal indregne en sidetolerance på ±25 mm.
Vi arbejder med en fri afstand på minimum 300 mm mellem terræn og alle biobaserede materialer 300 mm er almindelig anbefaling for konstruktiv materialebeskyttelse, da det holder biobaserede materialer fri af stænkzone og fugtpåvirkning. Hele bygningen understøttes af et 150 mm drænende gruslag, som sikrer ventilation og stabile fugtforhold.

Den bærende konstruktion i terrændækket

Den bærende rem udføres som limtræsbjælker. Nederst lægges en 45 × 245 mm spærtræsbjælke, som optager montagetolerancer og giver en stabil lastfordelingsflade. Træet kan være gennemimprægneret for øget holdbarhed. Der lægges murpap mellem skrue og rem. Forankringen føres gennem pælen og videre op i ydervæg og spær.

Opbygningen gør det muligt at montere bærende vægge uafhængigt af bjælkelaget. Bjælkelaget er udformet med ekstra udvekslinger og smalle strimler af tæt træplade, så der kan etableres en vandret skivevirkning og en dampbremse i undergulvspladen (læs mere i afsnit om tæt-træplade).

Bjælkerne monteres bedst med sømvinkler eller megaskruer i stedet for bjælkesko. Bjælkesko fravælges, fordi bjælkerne sænkes skråt ned og skubbes sidelæns på plads, og den liggende rem allerede giver en plan anlægsflade.

Vindspærren bæres af forskallingsbrædder under bjælkerne, der skal monteres efter bjælkerne er på plads. Dette skal planlægges grundigt, da der kan være ned til 300 mm arbejdsplads for værktøj.

Bygges der med prefab-terrændæk, kan de monteres før de bærende vægge. Derefter kan tæt-træplade planlægges, og de bærende vægge kan monteres eller udføres.

Lukning af terrændækket mod terræn

Den lodrette lukning af mellemrummet mellem terrændæk og terræn ved ydervæggen udføres som en delvis lukket konstruktion. Formålet er at beskytte bygningen mod opsprøjt, skadedyr og uønsket materialeanvendelse under huset.

Lukningen udføres som en massiv beklædning, der afsluttes 100 mm over terræn for at sikre afstand til fugt og påvirkning fra regn. Beklædningen fungerer samtidig som en afskærmning mod brandmæssige svagheder i konstruktionen.

Overgangen mod terræn afsluttes med et lag små, runde sten på grusunderlaget, som reducerer opsprøjt og leder vand væk fra beklædningen. Vi fraråder brug af fibercementplader, da de kan give fugttekniske problemer i selve terrændækket, hvis de lukker ventilation ved terræn.

Hulrummet under terrændækket kan fungere som opsamlingssted for blade, brandbart materiale eller små genstande som bolde.

Derfor anbefaler vi som minimum at montere et simpelt net, der føres fra beklædningens underside og 150 mm ned i gruset. Det hindrer ophobning af materiale og giver samtidig ventilation.

Forsikring af cirkulær og biobaseret byggeri

På nuværende tidspunkt kan entreprenører kun få byggeskadeforsikring, hvis virksomheden har eksisteret i mindst fem år uden underskud og kan placere hele byggesummen på en spæret konto under hele byggeperioden samt fem år efter afleveringen. Kravene betyder, at det kun er meget store entreprenører, der reelt kan tegne byggeskadeforsikringen. Det er sjældent de virksomheder, der har erfaring med biobaserede eller cirkulære byggemetoder.

Derfor ender mange projekter med at blive indsendt som selvbyggerprojekter. Her tegner bygherren en All-Risk-forsikring, og entreprisen opdeles i mindst to dele, hvor eksempelvis malerarbejdet udskilles fra hovedentreprisen for at opfylde reglerne.

Det afgørende er, at der normalt ikke er problemer med at forsikre eller dokumentere brugen af skruefundamenter. Udfordringen opstår, når bygherren vælger mindre virksomheder med specialiseret viden om biobaseret og cirkulært byggeri. Her kan man støde på en samfundsmæssig skævvridning mellem meget store entreprenører, der opfylder formalkravene, og de mindre fagligt stærke virksomheder, der faktisk har erfaring med de løsninger, projekterne efterspørger.

Hvad er gennemimprægneret træ?

Gennemimprægneret træ er træ, der er behandlet, så beskyttelsen trænger helt ind i materialet og giver varig modstandsdygtighed mod råd, svamp og skadedyr – også ved direkte kontakt med jord og fugt. Denne kategori omfatter traditionelt trykimprægneret træ og naturligt holdbare træsorter som eg og robinia, som har en iboende resistens, og derfor også kan anvendes i direkte kontakt med jord. Træsorter som lærk, douglasgran, cedertræ og modificerede produkter som Superwood, OrganoWood og ThermoWood har gode egenskaber til udvendig beklædning og regnskærme, men de kan ikke bruges ved jordkontakt. Af disse har lærk, douglas og Superwood en styrke, der vil kunne bruges til sømlister.

Skadedyrssikring og ventilationsstrategi

Alle leverandører og entreprenører i forundersøgelsen har erfaringer med, at skadedyr holder sig ude af hævede terrændæk med biobaserede materialer. Samtidig findes der flere tilgange til, hvordan området under terrændækket kan sikres og ventileres:

- Åben løsning: Området holdes helt åbent for at give katte adgang og forhindre, at blade samler sig i et net.
- Nedgravet net: Nogle anbefaler et net, der graves 900 mm ned. Det fraråder vi, da det svækker skruefundamenternes stabilitet.
- Net under vindspærren: Et mussenet kan placeres direkte under vindspærren, eventuelt i kombination med nettet ved ydervæggen, så genstande ikke kan trænge ind under terrændækket.

Der findes ingen regler på området. Vi anbefaler den afprøvede løsning med et mussenet, der ligger ud fra facaden.

Installationer og inspektion
Afløbsinstallationer skal kunne inspiceres nedefra, hvilket kræver en frihøjde på minimum 600 mm. Afløb anbefales derfor ført gennem terrændækket helt ude ved ydervæggen, så reparationer er lokale og lette at udføre. Her kan der midlertidigt graves en smal inspektionsrende i gruset frem til afløbet.

Træbeskyttelse
Konstruktiv træbeskyttelse er grundprincippet. Ønskes ekstra sikkerhed, kan bærende remme og nederste konstruktioner udføres i gennemimprægneret træ eller i træsorter, der naturligt har større resistens i vores klima. Bemærk, at den liggende rem ved ydervæggen indgår som en del af den bærende konstruktion. Derfor skal den være CE-mærket eller på anden måde styrkemæssigt dokumenteret.

Radon
Hævede terrændæk kræver ikke radonsikring, da konstruktionen ikke står i direkte kontakt med jorden.
Tre eksempler på afslutning af ydervæg
I denne udgave af De Biobaserede Byggevejledninger giver vi tre eksempler på hævede terrændæk, hvor hver afslutning er tilpasset en af de tre ydervægstyper: træ, halm og hamp. Hver løsning svarer til sin egen byggevejledning.
Vi viser også eksempler på fundering til en bundrem, der er placeret midt i huset som bærende væg.

Byggekulturel erfaring som vidensgrundlag om hævede terrændæk på skruefundering

Den eneste litteratur, vi har fundet, som både er gældende og omhandler hævede terrændæk, er et Byg-Erfa erfaringsblad: Dæk over terræn i pavillonbyggeri, Erfaringsblad nr. (19) 03 12 29 fra 2003 (Bunch-Nielsen & Christensen, 2003). Vi har ikke fundet litteratur om skruefundering.

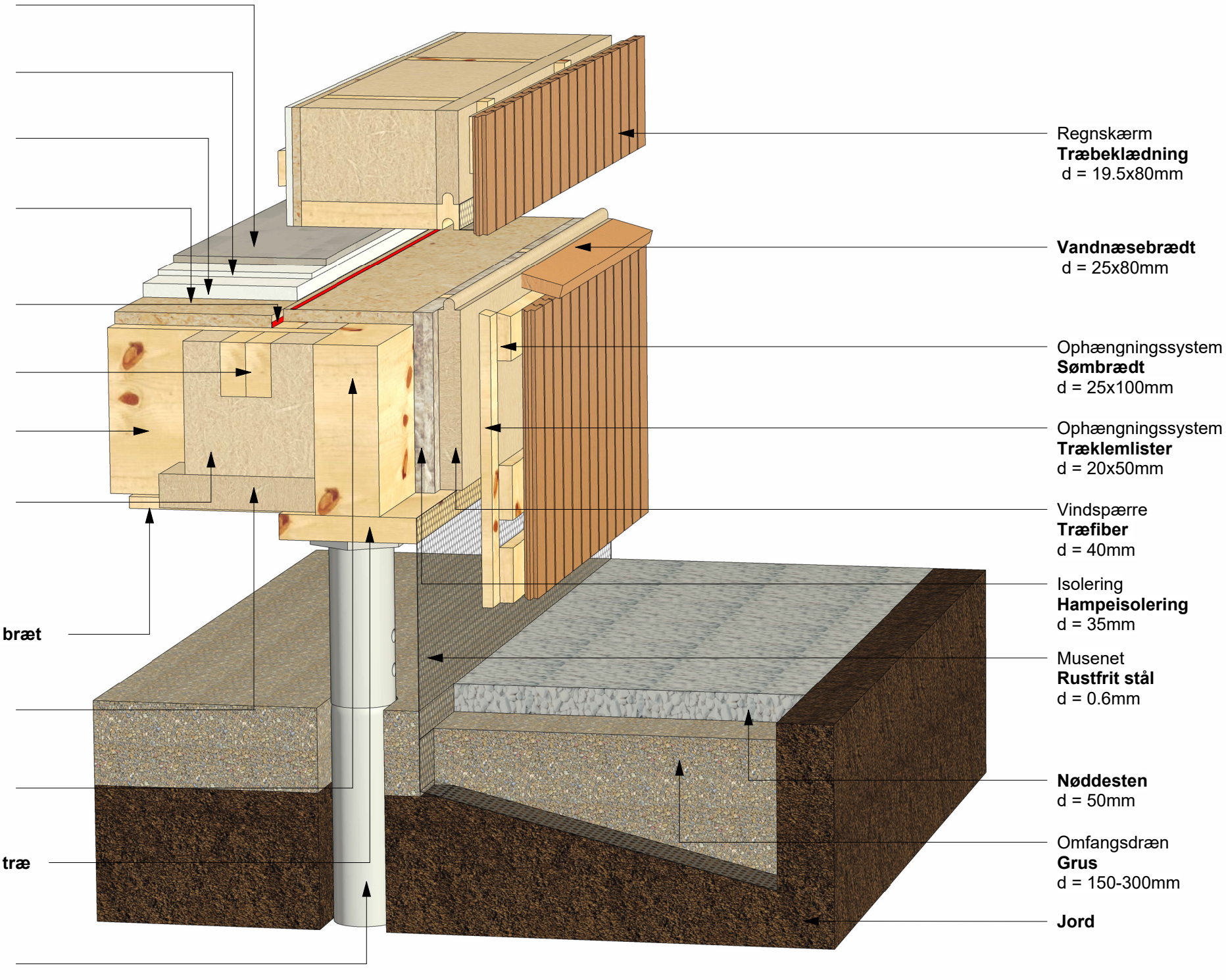
Dialog med praksiserfaring
Vi har inddraget erfaringsbladet i udviklingen af DBB og holdt indholdet op imod den praksiserfaring, entreprenører og rådgivere har på området. Her følger nogle af overvejelserne.

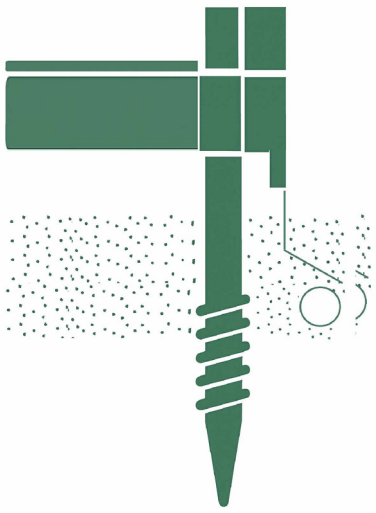
Ventilation og afstand til terræn
Erfaringsbladet beskriver et minimumsventilationsbehov på 150 cm^2 pr. meter ydervæg. Vi har ikke ønsket at lægge os op ad et minimum og anbefaler i stedet 10.000 cm^2 pr. meter ydervæg.
Bladet anbefaler også minimum 200 mm frihøjde til terræn. Vi har valgt en anbefaling på 300 mm.

Plastikmembran og gruslag
Erfaringsbladet anbefaler at lægge en plastikmembran under bygningen for at hindre fugt i at trænge op. Vi undgår plastmembraner, blandt andet fordi holdbarheden er usikker. I stedet anvender vi minimum 150 mm grus, som både fungerer som fugtbuffer, dræn og rodspærre.
Derudover har vi planlagt et ventilationsareal, der er ca. 6.500 % større end erfaringsbladets minimum.

Organiske materialer i bunden
Erfaringsbladet anbefaler ikke at bruge organiske materialer i bunden. Vores opgave har været at udfordre den antagelse. Anbefalingen bygger på konstruktioner med begrænsede hygroskopiske egenskaber og uden organisk isolering. Vores dialog med arkitekter, rådgivere, leverandører og entreprenører viser et samstemmende billede: Der er ikke registreret fugtproblemer ved at bruge biobaseret vindspærre i bunden. Tværtimod peger erfaringerne på, at biobaserede isoleringsmaterialer fungerer bedst, når de er omgivet af materialer, der kan fugthåndtere og dermed understøtte isoleringens egenskaber.

Begrænset fælles viden – stærk byggetradition
De Biobaserede Byggevejledninger har inden for dette emne svært ved at læne sig op ad et solidt teknisk fælleseje. Selvom vi har bygget på punktfundamenter med hævede terrændæk i årtusinder, har samfundet enten ikke forsket i det eller ikke formidlet den viden, der findes. Derfor læner vi os ind i den erfaring, der findes i vores byggekultur.





Fundament

Hævet Terrændæk 1 Træ

DIMENSION OG PRÆSTATION

Den viste konstruktion er mellemvarianten og fremhævet i skemaet. Lav og Høj er beregnede variationer med mindre eller større isoleringstykkelse. Værdierne omfatter A1–A3, B4(B6),C3–C4 efter BR18. Derudover er A4–A5 beregnet med 10 % spild og vist med grå skrift. (SH) markere sommerhuskrav

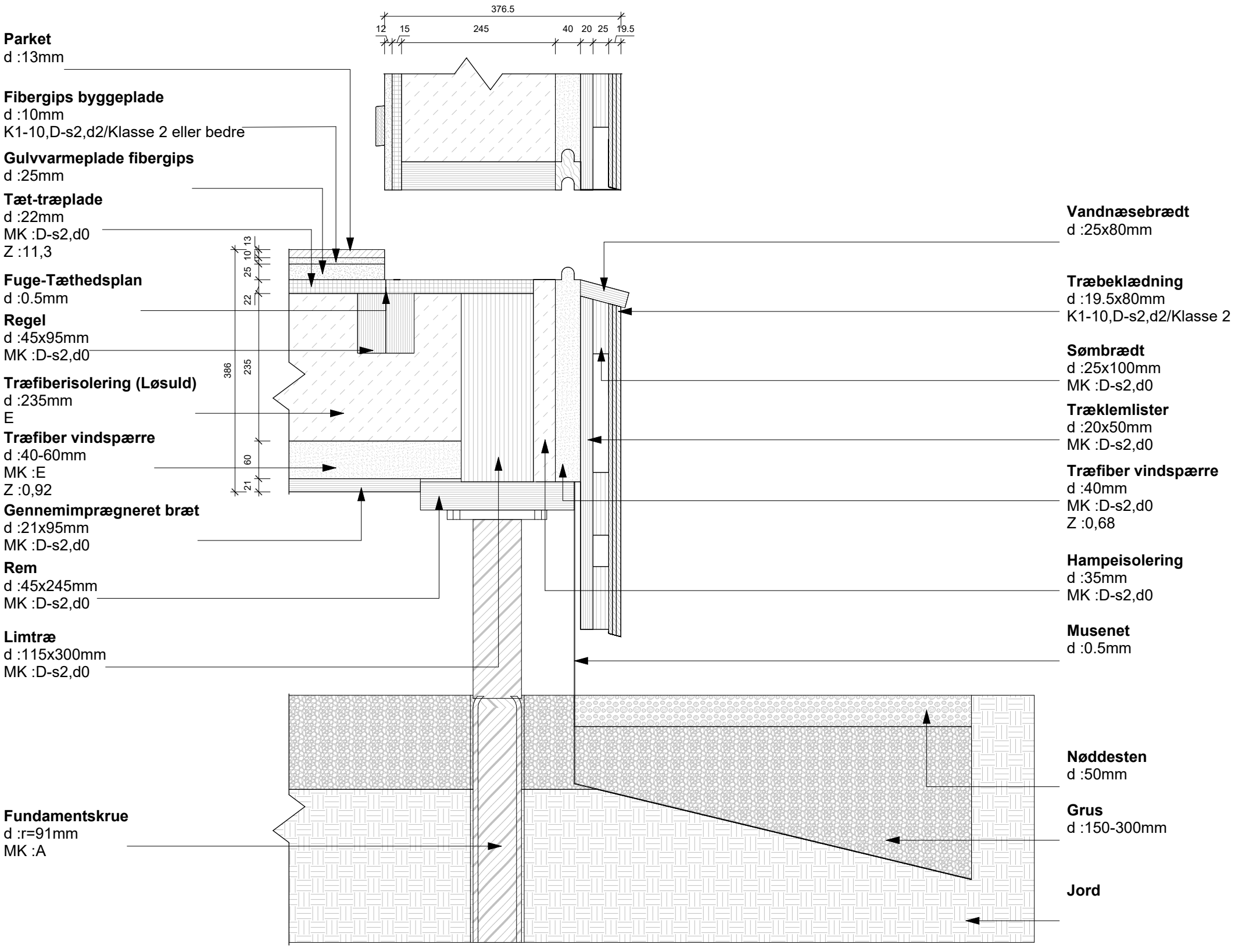
	Lav	Mellem(SH)	Høj
Iso. Dim. (mm)	Fun: 155 Væg: 150	Fun: 295 Væg: 285	Fun: 560 Væg: 360
U-værdi (W/(m²·K))	Fun: 0.25 Væg: 0.25	Fun: 0.14 Væg: 0.14	Fun: 0.07 Væg: 0.11
Kon. Dim. (mm)	Fun: 225 Væg: 229.5	Fun: 365 Væg: 364.5	Fun: 630 Væg: 439.5
LCA (kg CO2e)	-	Fun: 77.3 A4+A5 14.7 Væg: 24 5.6	-

PRAKTISK INFO

Hævede terrændæk vælges, når jordbundsforholdene er stabile, og grundvandsstanden ligger under terræn hele året. Konstruktionen kræver et bæredygtigt bærelag, hvor fundamentskruer kan bære uden at sættes dybt. Inddrag et skruefundamentsfirma tidligt i processen for at afklare bygningens krav, justere designet og vurdere om skruefundering er muligt. En prøveskruning er den bedste metode til at fastlægge bæreevne, efterfulgt af en jordbundsundersøgelse udført af teknikere, firmaet normalt samarbejder med.

Inden arbejdet på pladsen planlægges, fjernes muldlaget og erstattes med et drænende gruslag. Hele bygningen bør have omfangsdræn med samlebrønd, så afvanding og funktion løbende kan kontrolleres.

I planlægningen skal der indregnes en frihøjde på minimum 300 mm mellem terræn og biobaserede materialer, samt sidetolerance på ±25 mm ved montage af skruepæle. Overgangen til ydervæggen skal koordineres i designet, især hvis træfacader monteres som ubrudt beklædning.



BRANDKRAV

Der er ingen brandkrav nævnt for terrændæk, og derfor gælder ingen specifikke krav. Vi har dog indarbejdet mulighed for at forhindre ophobning af brandbart materiale som blade under hævede terrændæk. Man skal også være opmærksom på, at ydervæggens overfladekrav fortsætter ned langs ydersiden af terrændækkene. Læs mere i tekststykket der hører til denne fundaments løsning.

FUGT

De eneste dokumenterede erfaringer med hævede terrændæk stammer fra et Byg-Erfa-blad om pavillonbyggeri, og der findes ingen litteratur om skruefundering. Vi har derfor sammenholdt bladets minimumskrav med entreprenørers og rådgiveres praksiserfaringer. På den baggrund anbefaler vi større ventilationsareal, større frihøjde og et gruslag som fugtbuffer i stedet for plastmembran. Erfaring viser ingen problemer med organiske materialer; biobaserede løsninger trives bedst i fugthåndterende miljøer. Da den tekniske viden er begrænset, bygger vores løsning primært på byggekulturel erfaring.

MONTERING

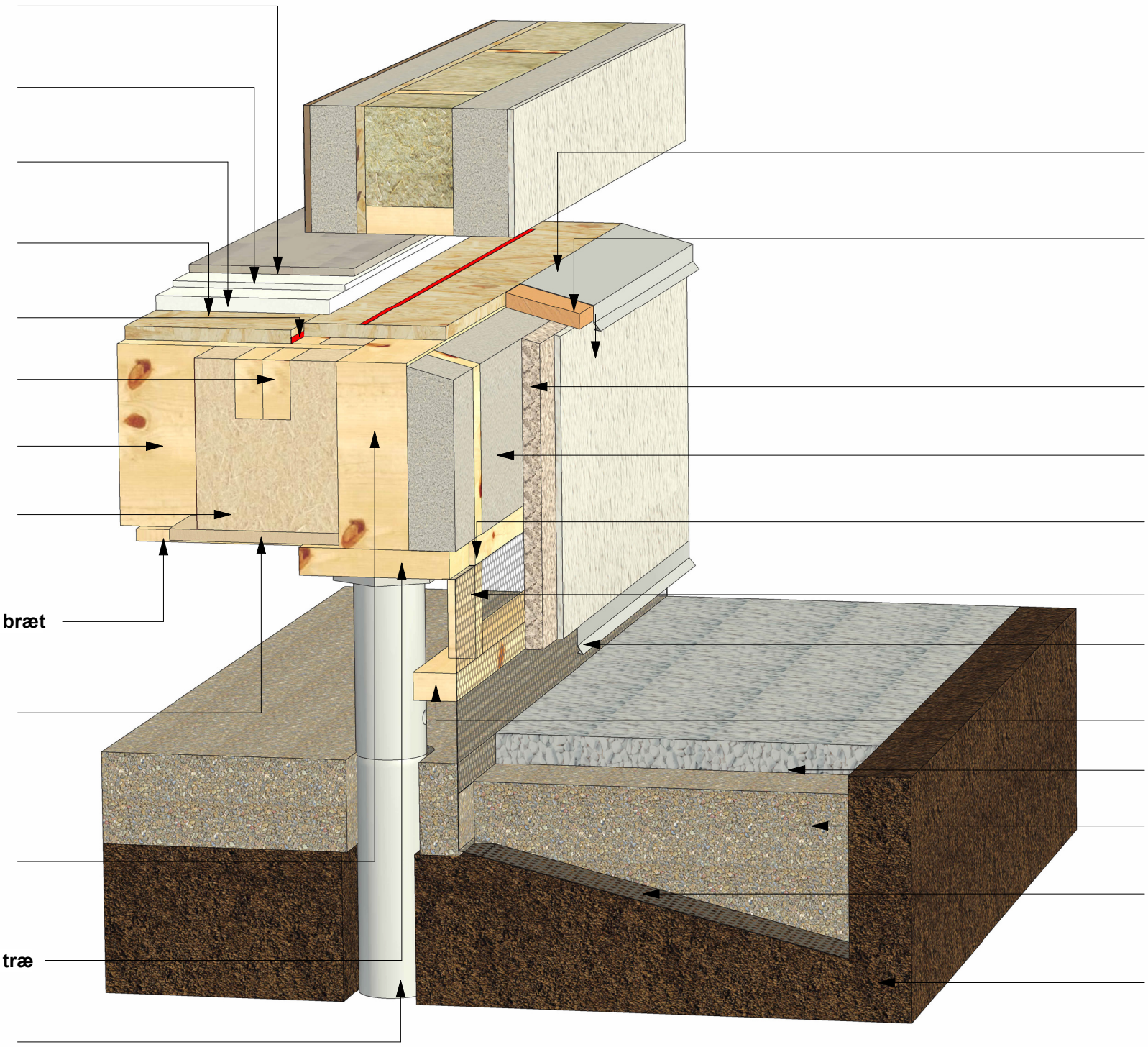
Skruepælene sættes som det første efter afrømning af muld. De placeres med ca. 3 meters mellemrum langs ydervægge og i husets midte. Pælene står typisk 300–600 mm over terræn og kan afstives ved større højder. Når pælene er monteret, udlægges et minimum 150 mm drænende lag grus under hele bygningen for at sikre ventilation og stabile fugtforhold. Der lægges murpap mellem skrue og rem.

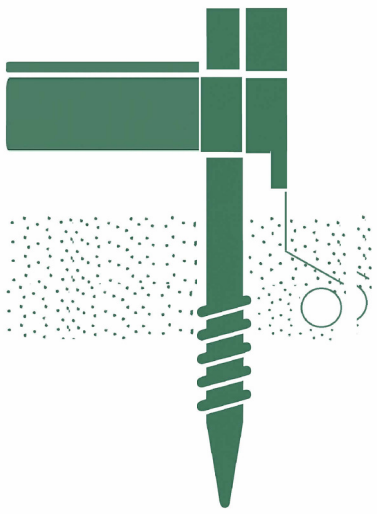
Den bærende rem udføres som limtræ eller gennemimprægneret træ og dimensioneres som en del af de statiske beregninger. Nederst lægges en 45 × 245 mm bjælke, der optager montagetolerancer og giver en plan lastfordelingsflade. Bjælker fastgøres med sømvinkler eller megaskruer, da bjælkesko fravælges, når bjælkerne sænkes skråt ned og skubbes på plads.

Forskallingsbrædder til vindspærre monteres nedefra efter bjælkerne, hvilket kræver planlagt adgang, da arbejdspladsen kan være ned til 300 mm.

Den lodrette lukning mod terræn udføres som en massiv beklædning, der afsluttes 100 mm over terræn. Et lag små sten reducerer opsprøjt og leder vand væk fra beklædningen. Der findes flere løsninger til skadedyrssikring og ventilation under terrændækket – læs mere i det relevante afsnit.

Afløbsinstallationer placeres tæt ved ydervæggen, så reparationer kan udføres lokalt – læs mere i afsnittet om installationer.





Fundament

Hævet Terrændæk 1 Hamp

DIMENSION OG PRÆSTATION

Den viste konstruktion er mellemvarianten og fremhævet i skemaet. Lav og Høj er beregnede variationer med mindre eller større isoleringstykkelse. Værdierne omfatter A1–A3, B4(B6),C3–C4 efter BR18. Derudover er A4–A5 beregnet med 10 % spild og vist med grå skrift. (SH) markere sommerhuskrav

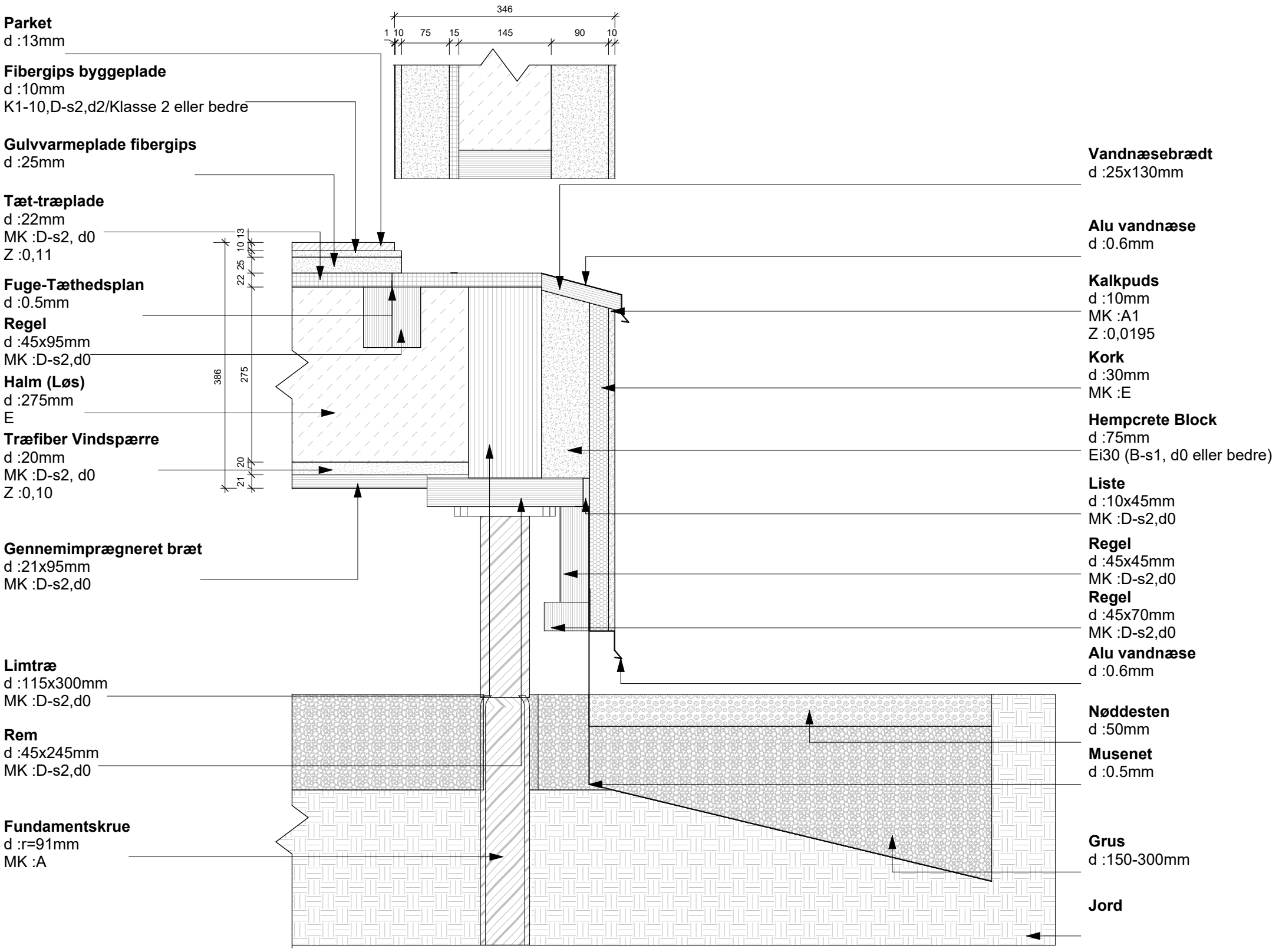
	Lav	Mellem(SH)	Høj
Iso. Dim. (mm)	Fun: 155 Væg: 170	Fun: 295 Væg: 295	Fun: 560 Væg: 520
U-værdi (W/(m²·K))	Fun: 0.25 Væg: 0.25	Fun: 0.14 Væg: 0.17	Fun: 0.07 Væg: 0.11
Kon. Dim. (mm)	Fun: 240 Væg: 261	Fun: 365 Væg: 346	Fun: 590 Væg: 501
LCA (kg CO2e)	-	Fun: 87.8 A4+A5 16.8 Væg: 68.2 11.9	-

PRAKTISK INFO

Hævede terrændæk vælges, når jordbundsforholdene er stabile, og grundvandsstanden ligger under terræn hele året. Konstruktionen kræver et bæredygtigt bærelag, hvor fundamentskruer kan bære uden at sættes dybt. Inddrag et skruefundamentsfirma tidligt i processen for at afklare bygningens krav, justere designet og vurdere om skruefundering er muligt. En prøveskruning er den bedste metode til at fastlægge bæreevne, efterfulgt af en jordbundsundersøgelse udført af teknikere, firmaet normalt samarbejder med.

Inden arbejdet på pladsen planlægges, fjernes muldlaget og erstattes med et drænende gruslag. Hele bygningen bør have omfangsdræn med samlebrønd, så afvanding og funktion løbende kan kontrolleres.

I planlægningen skal der indregnes en frihøjde på minimum 300 mm mellem terræn og biobaserede materialer, samt sidetolerance på ±25 mm ved montage af skruepæle. Overgangen til ydervæggen skal koordineres i designet, især hvis træfacader monteres som ubrudt beklædning.



BRANDKRAV

Der er ingen brandkrav nævnt for terrændæk, og derfor gælder ingen specifikke krav. Vi har dog indarbejdet mulighed for at forhindre ophobning af brandbart materiale som blade under hævede terrændæk. Man skal også være opmærksom på, at ydervæggens overfladekrav fortsætter ned langs ydersiden af terrændækkene. Læs mere i tekststykket der hører til denne fundaments løsning.

FUGT

De eneste dokumenterede erfaringer med hævede terrændæk stammer fra et Byg-Erfa-blad om pavillonbyggeri, og der findes ingen litteratur om skruefundering. Vi har derfor sammenholdt bladets minimumskrav med entreprenørers og rådgiveres praksiserfaringer. På den baggrund anbefaler vi større ventilationsareal, større frihøjde og et gruslag som fugtbuffer i stedet for plastmembran. Erfaring viser ingen problemer med organiske materialer; biobaserede løsninger trives bedst i fugthåndterende miljøer. Da den tekniske viden er begrænset, bygger vores løsning primært på byggekulturel erfaring.

MONTERING

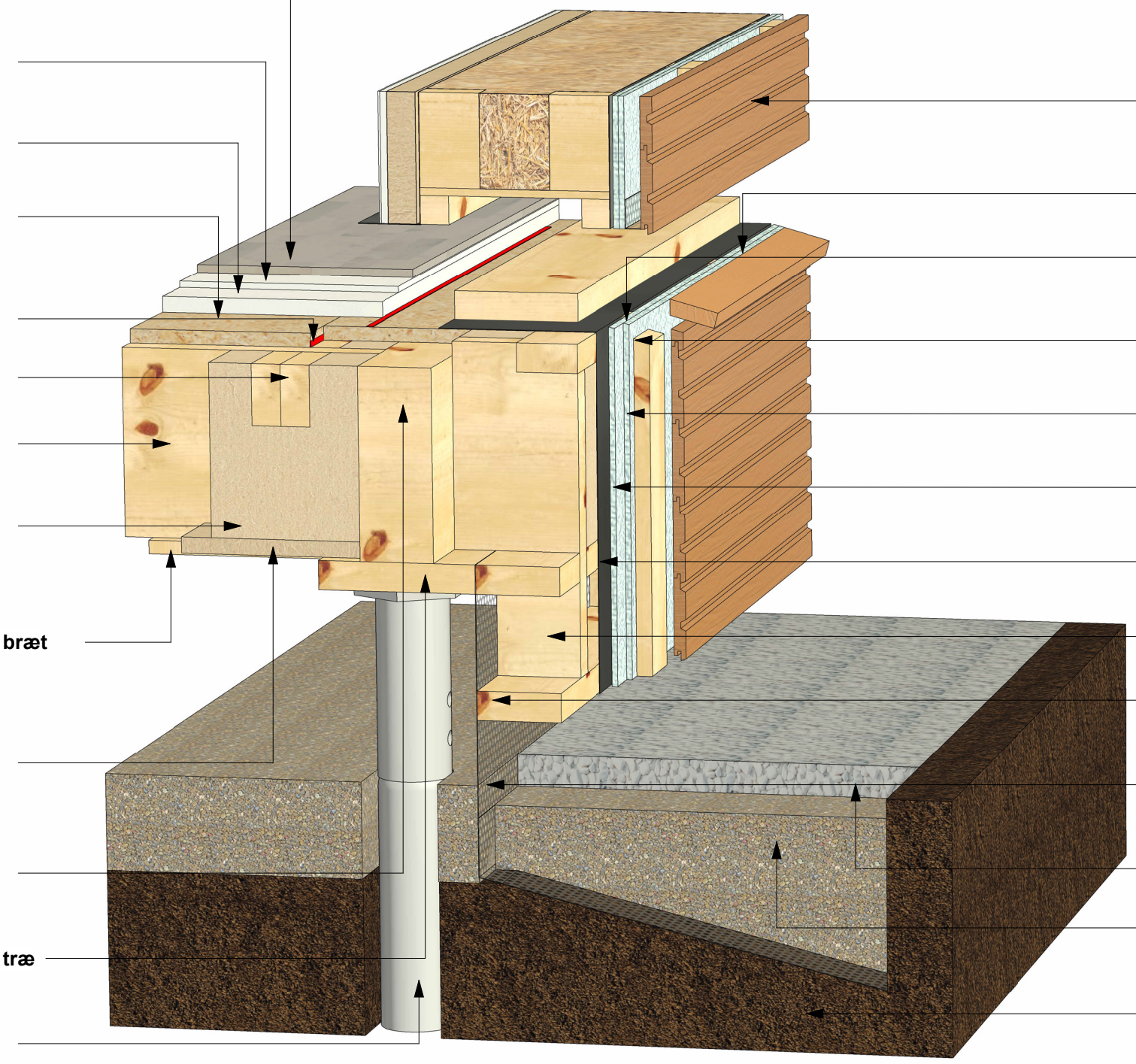
Skruepælene sættes som det første efter afrømning af muld. De placeres med ca. 3 meters mellemrum langs ydervægge og i husets midte. Pælene står typisk 300–600 mm over terræn og kan afstives ved større højder. Når pælene er monteret, udlægges et minimum 150 mm drænende lag grus under hele bygningen for at sikre ventilation og stabile fugtforhold. Der lægges murpap mellem skrue og rem.

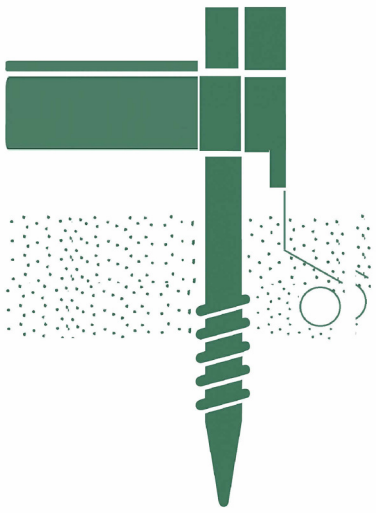
Den bærende rem udføres som limtræ eller gennemimprægneret træ og dimensioneres som en del af de statiske beregninger. Nederst lægges en 45 × 245 mm bjælke, der optager montagetolerancer og giver en plan lastfordelingsflade. Bjælker fastgøres med sømvinkler eller megaskruer, da bjælkesko fravælges, når bjælkerne sænkes skråt ned og skubbes på plads.

Forskallingsbrædder til vindspærre monteres nedefra efter bjælkerne, hvilket kræver planlagt adgang, da arbejdspladsen kan være ned til 300 mm.

Den lodrette lukning mod terræn udføres som en massiv beklædning, der afsluttes 100 mm over terræn. Et lag små sten reducerer opsprøjt og leder vand væk fra beklædningen. Der findes flere løsninger til skadedyrssikring og ventilation under terrændækket – læs mere i det relevante afsnit.

Afløbsinstallationer placeres tæt ved ydervæggen, så reparationer kan udføres lokalt – læs mere i afsnittet om installationer.





Fundament

Hævet Terrændæk 1 Halm

DIMENSION OG PRÆSTATION

Den viste konstruktion er mellemvarianten og fremhævet i skemaet. Lav og Høj er beregnede variationer med mindre eller større isoleringstykkelse. Værdierne omfatter A1–A3, B4(B6),C3–C4 efter BR18. Derudover er A4–A5 beregnet med 10 % spild og vist med grå skrift. (SH) markere sommerhuskrav

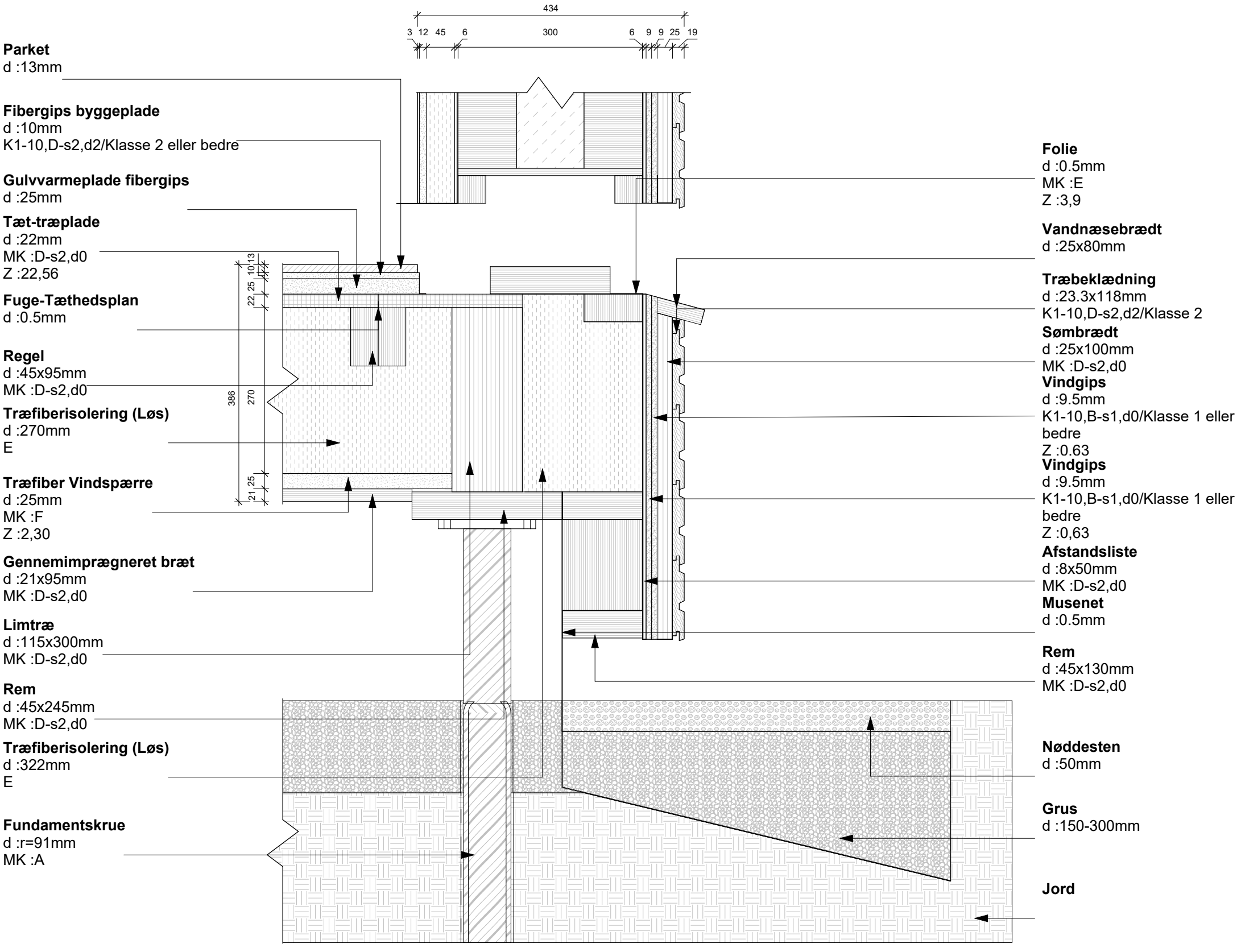
	Lav	Mellem(SH)	Høj
Iso. Dim. (mm)	Fun: 150 Væg: 220	Fun: 295 Væg: 345	Fun: 525 Væg: 545
U-værdi (W/(m²·K))	Fun: 0.25 Væg: 0.25	Fun: 0.14 Væg: 0.17	Fun: 0.08 Væg: 0.11
Kon. Dim. (mm)	Fun: 220 Væg: 305.1	Fun: 365 Væg: 430.1	Fun: 595 Væg: 630
LCA (kg CO2e)	-	Fun: 82.7 A4+A5 14.3 Væg: 26.3 10.3	-

PRAKTISK INFO

Hævede terrændæk vælges, når jordbundsforholdene er stabile, og grundvandsstanden ligger under terræn hele året. Konstruktionen kræver et bæredygtigt bærelag, hvor fundamentskruer kan bære uden at sættes dybt. Inddrag et skruefundamentsfirma tidligt i processen for at afklare bygningens krav, justere designet og vurdere om skruefundering er muligt. En prøveskruning er den bedste metode til at fastlægge bæreevne, efterfulgt af en jordbundsundersøgelse udført af teknikere, firmaet normalt samarbejder med.

Inden arbejdet på pladsen planlægges, fjernes muldlaget og erstattes med et drænende gruslag. Hele bygningen bør have omfangsdræn med samlebrønd, så afvanding og funktion løbende kan kontrolleres.

I planlægningen skal der indregnes en frihøjde på minimum 300 mm mellem terræn og biobaserede materialer, samt sidetolerance på ±25 mm ved montage af skruepæle. Overgangen til ydervæggen skal koordineres i designet, især hvis træfacader monteres som ubrudt beklædning.



BRANDKRAV

Der er ingen brandkrav nævnt for terrændæk, og derfor gælder ingen specifikke krav. Vi har dog indarbejdet mulighed for at forhindre ophobning af brandbart materiale som blade under hævede terrændæk. Man skal også være opmærksom på, at ydervæggens overfladekrav fortsætter ned langs ydersiden af terrændækkene. Læs mere i tekststykket der hører til denne fundaments løsning.

FUGT

De eneste dokumenterede erfaringer med hævede terrændæk stammer fra et Byg-Erfa-blad om pavillonbyggeri, og der findes ingen litteratur om skruefundering. Vi har derfor sammenholdt bladets minimumskrav med entreprenørers og rådgiveres praksiserfaringer. På den baggrund anbefaler vi større ventilationsareal, større frihøjde og et gruslag som fugtbuffer i stedet for plastmembran. Erfaring viser ingen problemer med organiske materialer; biobaserede løsninger trives bedst i fugthåndterende miljøer. Da den tekniske viden er begrænset, bygger vores løsning primært på byggekulturel erfaring.

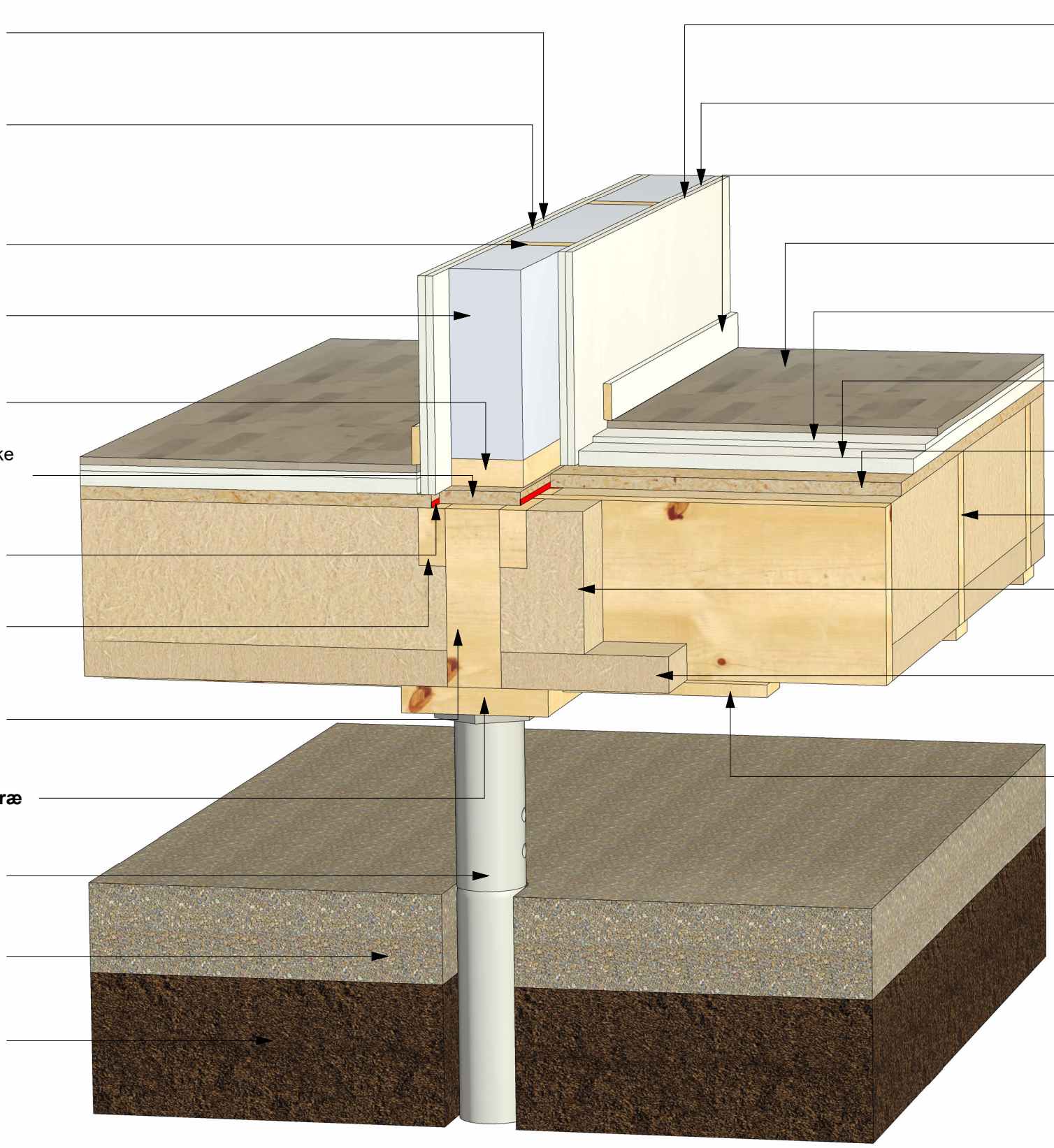
MONTERING

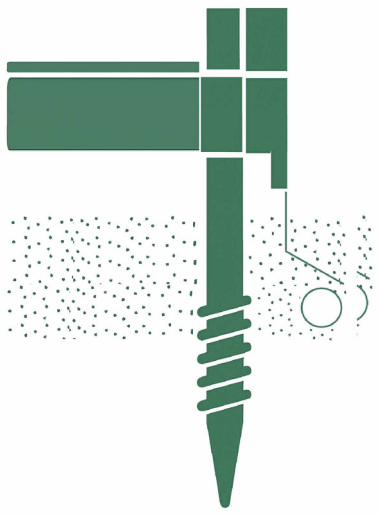
Skruepælene sættes som det første efter afrømning af muld. De placeres med ca. 3 meters mellemrum langs ydervægge og i husets midte. Pælene står typisk 300–600 mm over terræn og kan afstives ved større højder. Når pælene er monteret, udlægges et minimum 150 mm drænende lag grus under hele bygningen for at sikre ventilation og stabile fugtforhold. Der lægges murpap mellem skrue og rem.

Den bærende rem udføres som limtræ eller gennemimprægneret træ og dimensioneres som en del af de statiske beregninger. Nederst lægges en 45 × 245 mm bjælke, der optager montagetolerancer og giver en plan lastfordelingsflade. Bjælker fastgøres med sømvinkler eller megaskruer, da bjælkesko fravælges, når bjælkerne sænkes skråt ned og skubbes på plads.
Forskallingsbrædder til vindspærre monteres nedefra efter bjælkerne, hvilket kræver planlagt adgang, da arbejdspladsen kan være ned til 300 mm.

Den lodrette lukning mod terræn udføres som en massiv beklædning, der afsluttes 100 mm over terræn. Et lag små sten reducerer opsprøjt og leder vand væk fra beklædningen. Der findes flere løsninger til skadedyrssikring og ventilation under terrændækket – læs mere i det relevante afsnit.

Afløbsinstallationer placeres tæt ved ydervæggen, så reparationer kan udføres lokalt – læs mere i afsnittet om installationer.





Fundament

Bærende Skillevæg på Fundament

DIMENSION OG PRÆSTATION

Den viste konstruktion er mellemvarianten og fremhævet i skemaet. Lav og Høj er beregnede variationer med mindre eller større isoleringstykkelse. Værdierne omfatter A1–A3, B4(B6),C3–C4 efter BR18. Derudover er A4–A5 beregnet med 10 % spild og vist med grå skrift. (SH) markere sommerhuskrav

	Lav	Mellem	Høj
Iso. Dim. (mm)		Fun: 295 Væg: 145	
U-værdi (W/(m²·K))			
Kon. Dim. (mm)		Fun: 365 Væg: 170	
LCA (kg CO2e)	63.2	Fun: 65.7 A4+A5 12.3 Væg: 56.2 12.3	70.5

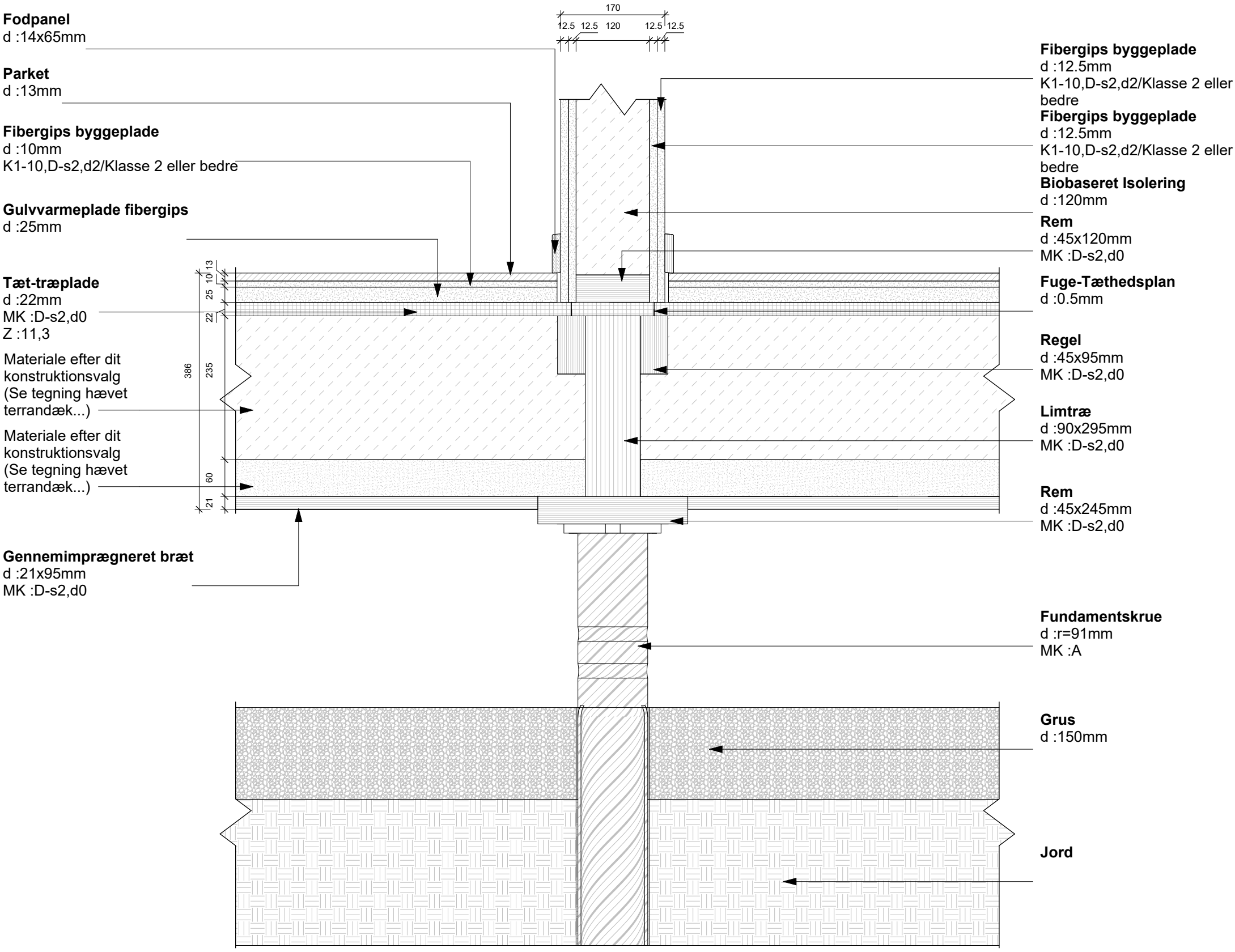
PRAKTISK INFO

Den bærende skillevæg er vist som et principielt snit, og enkelte materialer kan variere efter projektets valg.

Hævede terrændæk vælges, når jordbundsforholdene er stabile, og grundvandsstanden ligger under terræn hele året. Konstruktionen kræver et bæredygtigt bærelag, hvor fundamentskruer kan bære uden at sættes dybt. Inddrag et skruefundamentsfirma tidligt i processen for at afklare bygningens krav, justere designet og vurdere om skruefundering er muligt. En prøveskruning er den bedste metode til at fastlægge bæreevne, efterfulgt af en jordbundsundersøgelse udført af teknikere, firmaet normalt samarbejder med.

Inden arbejdet på pladsen planlægges, fjernes muldlaget og erstattes med et drænende gruslag. Hele bygningen bør have omfangsdræn med samlebrønd, så afvanding og funktion løbende kan kontrolleres.

I planlægningen skal der indregnes en frihøjde på minimum 300 mm mellem terræn og biobaserede materialer, samt sidetolerance på ±25 mm ved montage af skruepæle. Overgangen til ydervæggen skal koordineres i designet, især hvis træfacader monteres som ubrudt beklædning.



BRANDKRAV

Der er ingen brandkrav nævnt for terrændæk, og derfor gælder ingen specifikke krav. Vi har dog indarbejdet mulighed for at forhindre ophobning af brandbart materiale som blade under hævede terrændæk. Man skal også være opmærksom på, at ydervæggens overfladekrav fortsætter ned langs ydersiden af terrændækkene. Læs mere i tekststykket der hører til denne fundaments løsning.

FUGT

De eneste dokumenterede erfaringer med hævede terrændæk stammer fra et Byg-Erfa-blad om pavillonbyggeri, og der findes ingen litteratur om skruefundering. Vi har derfor sammenholdt bladets minimumskrav med entreprenørers og rådgiveres praksiserfaringer. På den baggrund anbefaler vi større ventilationsareal, større frihøjde og et gruslag som fugtbuffer i stedet for plastmembran. Erfaring viser ingen problemer med organiske materialer; biobaserede løsninger trives bedst i fugthåndterende miljøer. Da den tekniske viden er begrænset, bygger vores løsning primært på byggekulturel erfaring.

MONTERING

Skruepælene sættes som det første efter afrømning af muld. De placeres med ca. 3 meters mellemrum langs ydervægge og i husets midte. Pælene står typisk 300–600 mm over terræn og kan afstives ved større højder. Når pælene er monteret, udlægges et minimum 150 mm drænende lag grus under hele bygningen for at sikre ventilation og stabile fugtforhold. Der lægges murpap mellem skrue og rem.

Den bærende rem udføres som limtræ eller gennemimprægneret træ og dimensioneres som en del af de statiske beregninger. Nederst lægges en 45 × 245 mm bjælke, der optager montagetolerancer og giver en plan lastfordelingsflade. Bjælker fastgøres med sømvinkler eller megaskruer, da bjælkesko fravælges, når bjælkerne sænkes skråt ned og skubbes på plads.

Forskallingsbrædder til vindspærre monteres nedefra efter bjælkerne, hvilket kræver planlagt adgang, da arbejdspladsen kan være ned til 300 mm.

Den lodrette lukning mod terræn udføres som en massiv beklædning, der afsluttes 100 mm over terræn. Et lag små sten reducerer opsprøjt og leder vand væk fra beklædningen. Der findes flere løsninger til skadedyrssikring og ventilation under terrændækket – læs mere i det relevante afsnit.

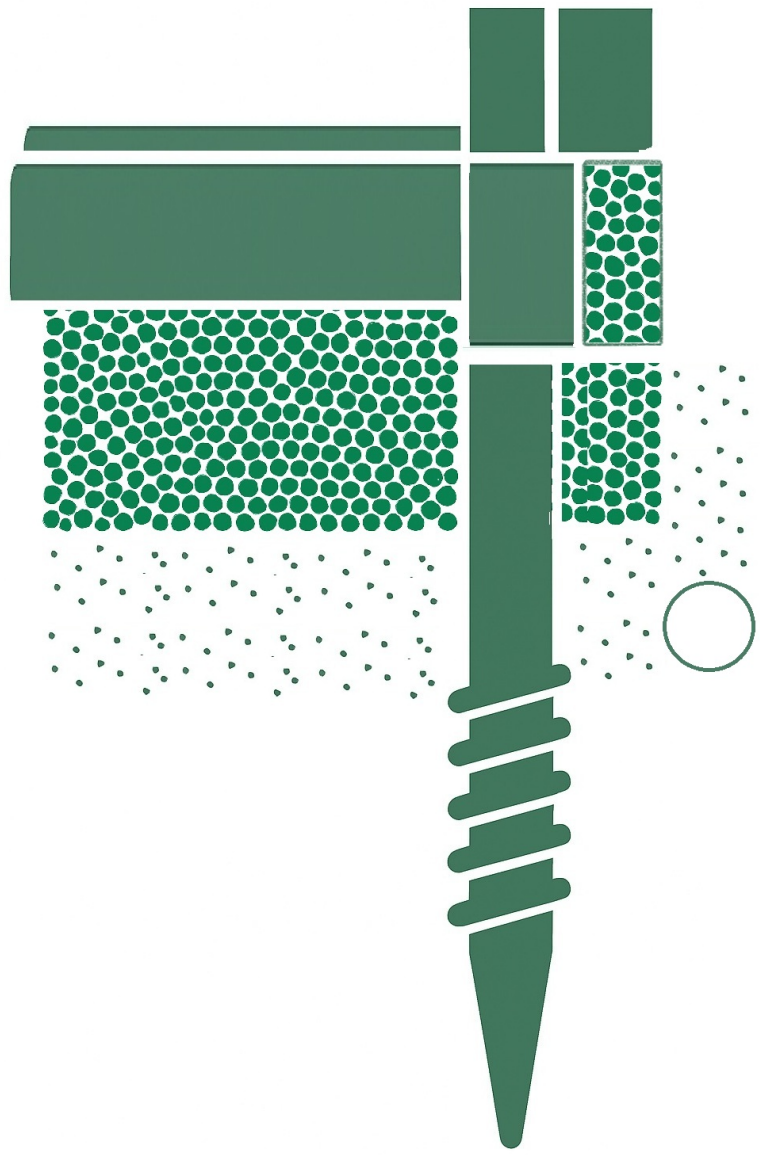
Afløbsinstallationer placeres tæt ved ydervæggen, så reparationer kan udføres lokalt – læs mere i afsnittet om installationer.

Terrændæk på isolerende dræn med skruefundering

Et lavere skruefundament til alle konstruktionstyper

Terrændæk på isolerende dræn med skruefundering

Planlægning, vurderinger og forberedelse
Ønsker man et lavt gulvniveau, anbefaler vi terrændæk på isolerende dræn med skruefundament. Løsningen er udviklet til forhold, hvor grundvandsstanden ligger stabilt under terræn, og hvor et omfangsdræn kan etableres og vedligeholdes med varig funktion. Konstruktionen kombinerer et drænende og isolerende lag af celleglas med radonsikring, bærende remme og skruefundamenter og giver dermed en robust og fugtsikker opbygning tæt på terræn.
Allerede i skitsefasen anbefaler vi samarbejde med et skruefundamentsfirma. En teknisk samtale om bygningens vægt, udformning og krav kan afklare, om skruefundering er egnet, og hvilke justeringer designet kræver. En prøveskruning på grunden er den mest sikre og økonomiske vurdering af jordens bæreevne. Hvis resultaterne viser potentiale, udføres en egentlig jordbundsundersøgelse i samarbejde mellem geoteknikere og skruefundamentsfirmaet.
Et pålideligt omfangsdræn er en aktiv del af konstruktionen. Der bør derfor planlægges løbende kontrol via en samlebrønd, og drænet skal dimensioneres som skybrudsbuffer.



Forud for monteringen fjernes muldlaget, så det senere kan erstattes af et drænende lag grus.
Ydervæggens bærelinjer bør placeres langt inde for at give plads til en effektiv sokkelinddækning.

Forsikring af cirkulær og biobaseret byggeri
Entreprenører kan kun få byggeskadeforsikring, hvis virksomheden har fem års drift uden underskud og kan binde hele byggesummen på en spæret konto i byggeperioden og fem år efter. Det betyder, at kun store entreprenører reelt kan tegne forsikringen – og de har sjældent erfaring med biobaseret eller cirkulært byggeri.
Derfor sendes mange projekter som selvbyggerprojekter, hvor bygherren tegner en All-Risk-forsikring, og entreprisen opdeles i mindst to dele, fx med malerarbejdet adskilt.
Der er normalt ingen problemer med at forsikre eller dokumentere skruefundamenter. Udfordringen opstår, når bygherren vælger mindre virksomheder med specialiseret viden i biobaseret byggeri, som ikke kan opfylde de formelle forsikringskrav. Det skaber en skævvridning mellem store entreprenører, der kan tegne forsikringen, og de mindre virksomheder, som faktisk har erfaringen.

Hvad er gennemimprægneret træ?
Gennemimprægneret træ er træ, hvor beskyttelsen er massivt i hele materialet. Træet modstår derfor råd, svamp og skadedyr, selv i fugtige miljøer og ved jordkontakt. Kategorien omfatter trykimprægneret træ. Naturligt holdbare træsorter som eg og robinia har en iboende resistens.
Vi placerer ikke træ i jordkontakt i vores byggevejledninger. Konstruktionerne udnytter træets hygroskopiske egenskaber og følger principperne for konstruktiv træbeskyttelse. Derfor anbefaler vi ubehandlede og modificerede træsorter til udvendige løsninger.
Egnede træsorter er lærk, douglasgran og ceder samt modificerede produkter som Superwood, OrganoWood og ThermoWood.
Lærk, douglasgran og Superwood har styrke nok til at fungere som sømlister.

Hvad er celleglasgranulat ?
Celleglasgranulat er et let, porøst byggemateriale, der fremstilles ved at smelte og opskumme genanvendt glas, typisk fra flasker og andet emballageglas. Under processen dannes millioner af lukkede luftceller i materialet. Det giver granulatet en lav vægt og en række tekniske egenskaber, som gør det velegnet til fundamenter og terrændæk. Materialet isolerer effektivt, fordi de lukkede luftceller reducerer varmetransport. Det er samtidig kapillarbrydende, så fugt ikke kan vandre op gennem konstruktionen. Celleglasgranulat har også en drænende effekt, fordi kornene ikke suger vand og skaber gode afløbsforhold omkring bygningen. Derudover kan skadedyr som mus og rotter ikke leve i materialet, fordi strukturen ikke giver dem egnede hulrum. Samlet er celleglasgranulat et cirkulært, robust og multifunktionelt underlag, som bygger på effektiv genanvendelse af glas og giver både isolering, fugtsikring og dræn i én løsning.

Udførelse

- Rydning og etablering af dræn - Muldlaget fjernes og bortkøres. Et omfangsdræn med samlebrønd etableres, så drænet kan kontrolleres og fungerer som skybrudsbuffer. Bærelinjer planlægges midt over remmen, så lasten fordeles korrekt, og der er plads til bred sokkelisolering af kork.

- Montering af skruepæle - Fundamentskruer placeres typisk med 3 meters afstand langs yderlinjer og i husets midte. De skrues i niveau med det omgivende terræn. Montagen skal indregne ±25 mm sidetolerance. Bæreevnen dokumenteres ved indskruning.

- Grusudlægning - Et jævnt og drænende lag grus udlægges under hele bygningen og komprimeres.

- Udlægning og komprimering af celleglasgranulat - Celleglaslaget fungerer som isolering, dræn, kapillarbrydende lag og skadedyrssikring. Det udlægges og vibreres grundigt for at undgå fremtidige sætninger.

- Radon- og fugtmembran - Radon-/fugtmembranen lægges direkte ud på celleglasset. Den føres op omkring remmen og placeres mellem rem og skrue. Membranen føres 100 mm op ad remmens inderside. Ydersiden holdes fri, så samlingen kan tætnes på indersiden.

- Udlægning af bundremme - En 200 × 200 mm limtræsrem udlægges og monteres på fundamentskruerne. Den bør være kemisk træbeskyttet, gerne gennemimprægneret. Murpap lægges mellem skrue og rem. Forankringen føres gennem pælen og op i væg og spær.

- Sokkelopbygning på bundremmene - Uden på bundremmen monteres en sokkel af 100 mm kork, som føres 50 mm ned i celleglasset og skæres med en hældning på 15° som vandnæse. Sokkelen pudses med en stærk kalkpuds, armeret med væv, så den bliver vandafvisende og diffusionsåben og dermed beskytter remmen mod fugt, frost og solpåvirkning.

- Montering af bærende vægge og tag - Konstruktionen muliggør, at vægge kan monteres uafhængigt af bjælkelaget. Ved præfabrikerede terrændæk kan dæk monteres før væggene.

- Udlægning af hempcrete / woodcem - På terrændækket udlægges hempcrete som fugtregulerende isolering.

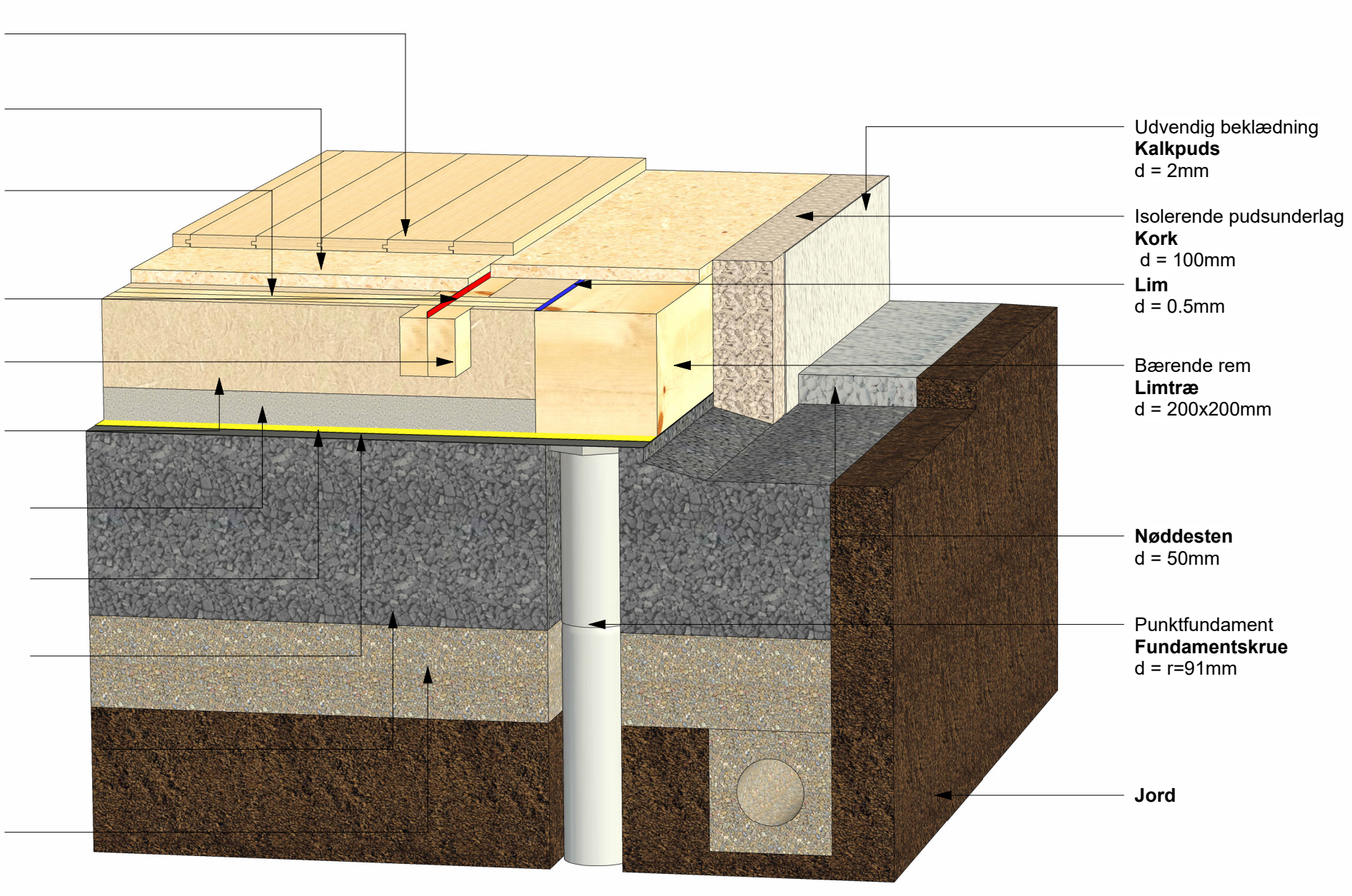
- Udlægning af isoleringsdug - Hvis der skal indblæses isolering senere, udlægges en isoleringsdug, så materialerne ikke blandes.

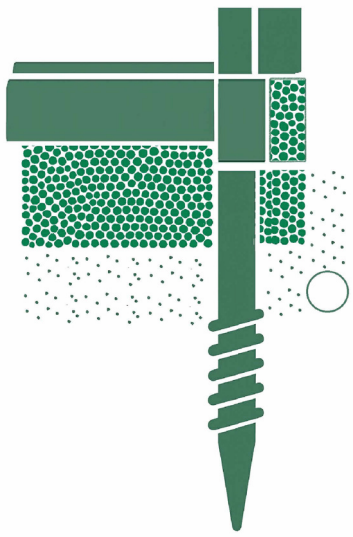
- Montering af gulvbjælker - Gulvbjælker monteres med sømvinkler, megaskruer eller bjælkesko. Den liggende rem giver et stabilt anlæg. Der udføres udvekslinger og smalle strimler af træplade, så der senere kan etableres en effektiv skivevirkning.

- Montering af diffusionsåben træplade som rågulv - Rågulvet udføres af en diffusionsåben træplade, som fungerer som vandret skiveafstivning. Pladen monteres først, når bygningen er lukket og beskyttet mod regn. Langs ydervæggene etableres en bort, som senere forbindes via dobbelt-regel-udvekslinger.

- Indblæsning af isolering - Efter at rågulv og konstruktion er klar, blæses isolering ind i hulrummene.

- Terrænafslutning med små runde sten - Som afslutning lægges et lag små, runde sten rundt langs facaden. Det reducerer opsprøjt, beskytter sokkelen og mindsker fugtpåvirkning af konstruktionen.





Fundament

Terrandæk med isoleret dræn 1

DIMENSION OG PRÆSTATION

Den viste konstruktion er mellemvarianten og fremhævet i skemaet. Lav og Høj er beregnede variationer med mindre eller større isoleringstykkelse. Værdierne omfatter A1–A3, B4(B6),C3–C4 efter BR18. Derudover er A4–A5 beregnet med 10 % spild og vist med grå skrift. (SH) markere sommerhuskrav

	Lav	Mellem(SH)	Høj
Iso. Dim. (mm)	245	495	945
U-værdi (W/(m²·K))	0.25	0.16	0.09
Kon. Dim. (mm)	434	684	1184
LCA (kg CO2e)	-	80.2 A4+A5 11.7	-

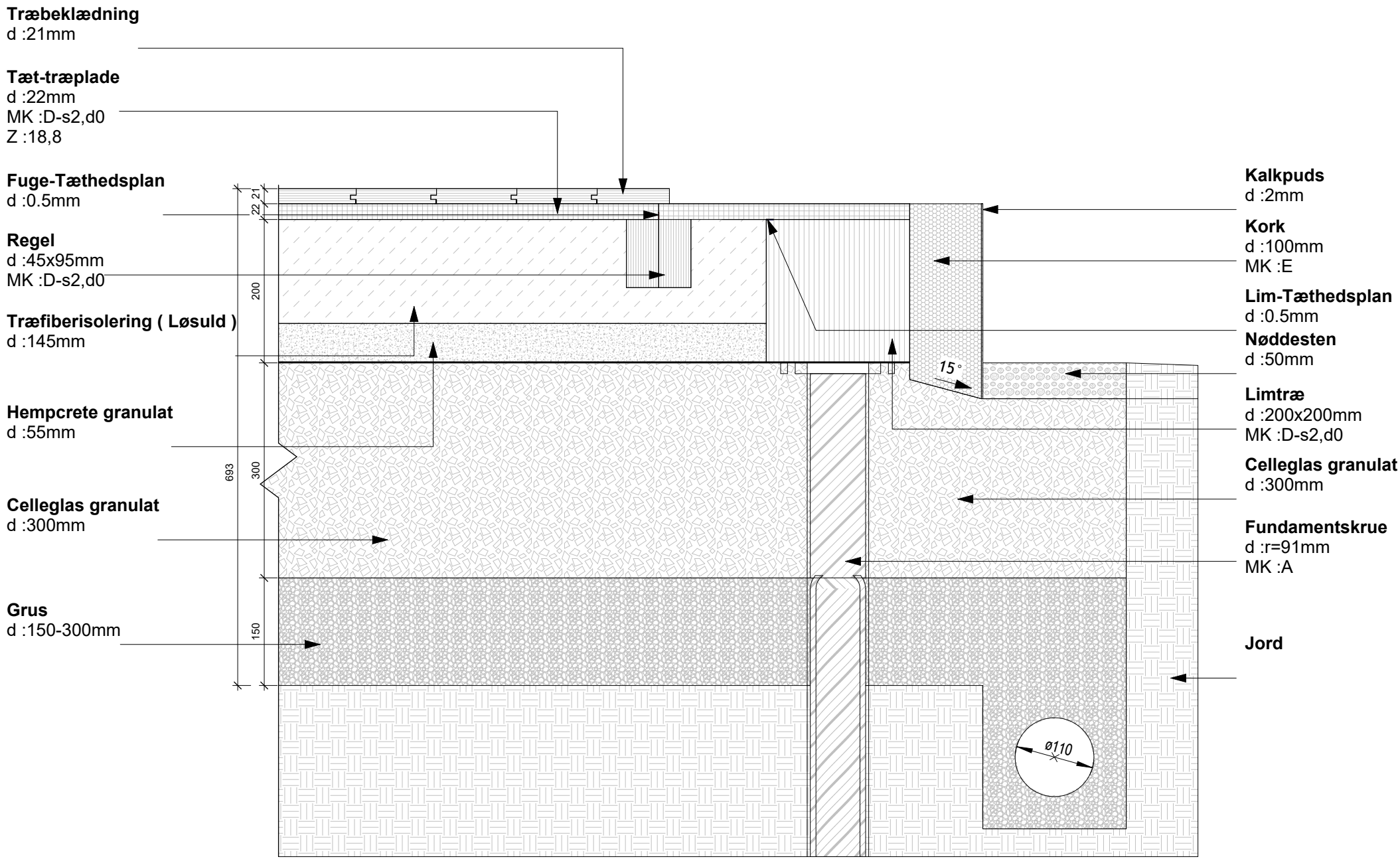
PRAKTISK INFO

Ønskes et lavt gulvniveau, er terrændæk på isolerende dræn med skruefundament en velegnet løsning. Den forudsætter, at grundvandsstanden ligger stabilt under terræn, og at et omfangsdræn kan etableres og vedligeholdes med varig funktion. Opbygningen kombinerer drænende og isolerende celleglas, radonsikring, bærende remme og skruefundamenter og giver en robust og fugtsikker konstruktion tæt på terræn.

Allerede i skitsefasen anbefales dialog med et skruefundamentsfirma. En teknisk vurdering af bygningens vægt, geometri og krav kan afklare, om skruefundering er egnet, og om designet skal justeres. En prøveskruning på grunden er den mest præcise og økonomiske metode til at vurdere jordens bæreevne. Hvis der er potentiale, udføres en jordbundsundersøgelse i samarbejde mellem geoteknikere og skruefundamentsfirmaet.

Et stabilt omfangsdræn er en aktiv del af konstruktionen. Det bør kunne kontrolleres via en samlebrønd og dimensioneres som skybrudsbuffer. Før montagen fjernes muldlaget og erstattes senere af et drænende lag grus.

Ydervæggens bærelinjer placeres så langt inde som muligt for at give plads til en effektiv sokkelopbygning og sikre tilstrækkelig afstand til terræn.



BRANDKRAV

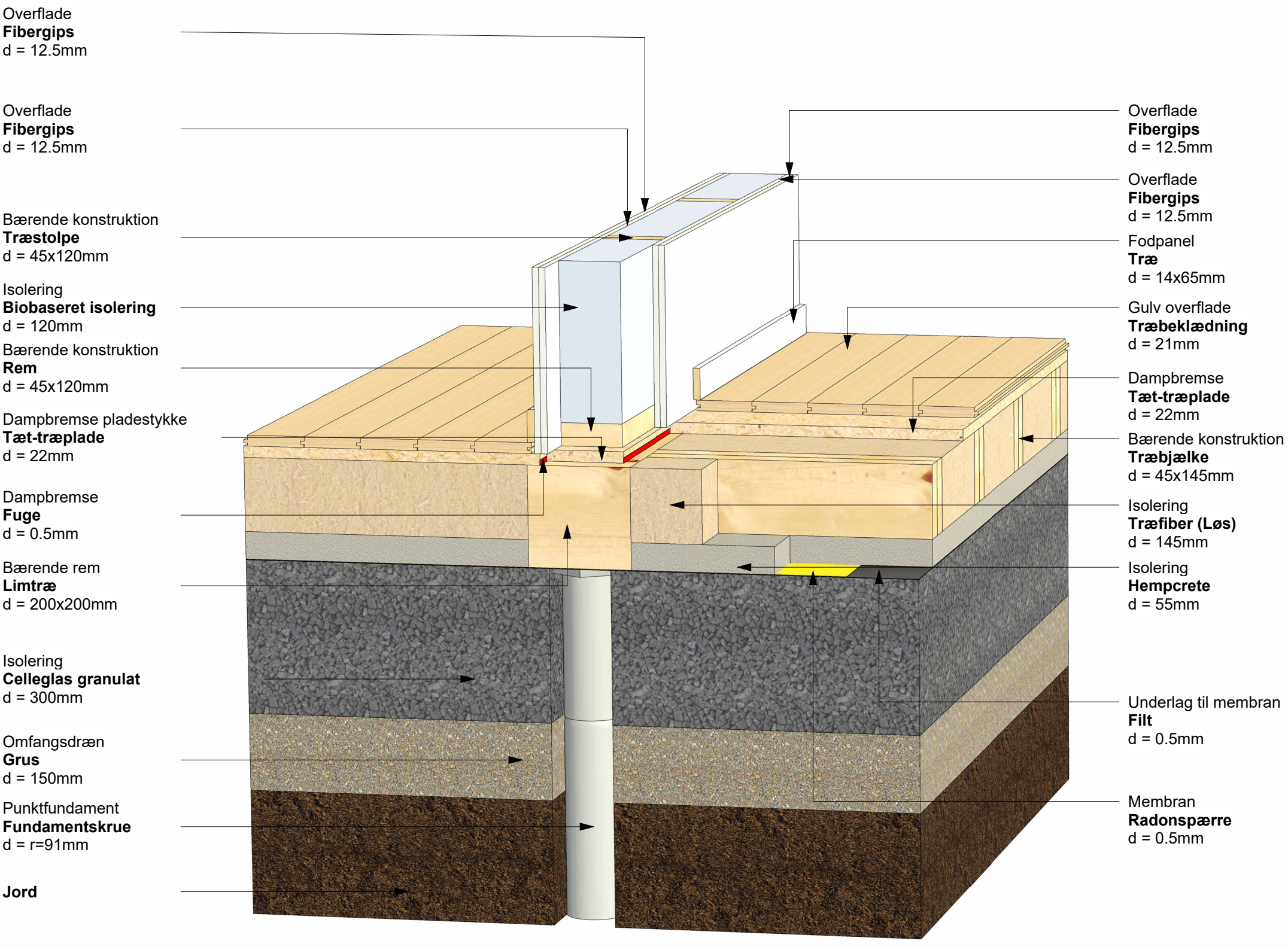
Der er ingen brandkrav nævnt for terrændæk, og derfor gælder ingen specifikke krav. Vi har dog indarbejdet mulighed for at forhindre ophobning af brandbart materiale som blade under hævede terrændæk. Man skal også være opmærksom på, at ydervæggens overfladekrav fortsætter ned langs ydersiden af terrændækkene. Læs mere i tekststykket der hører til denne fundaments løsning.

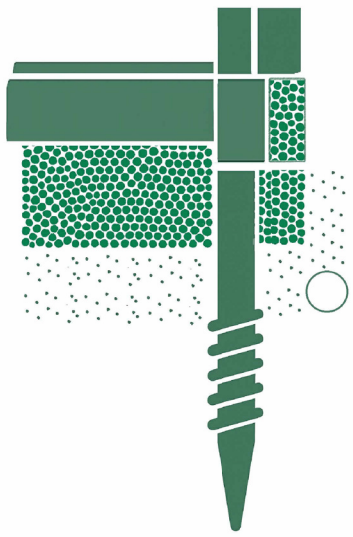
FUGT

De eneste dokumenterede erfaringer med hævede terrændæk stammer fra et Byg-Erfa-blad om pavillonbyggeri, og der findes ingen litteratur om skruefundering. Vi har derfor sammenholdt bladets minimumskrav med entreprenørers og rådgiveres praksiserfaringer. På den baggrund anbefaler vi større ventilationsareal, større frihøjde og et gruslag som fugtbuffer i stedet for plastmembran. Erfaring viser ingen problemer med organiske materialer; biobaserede løsninger trives bedst i fugthåndterende miljøer. Da den tekniske viden er begrænset, bygger vores løsning primært på byggekulturel erfaring.

MONTERING

Udførelsen starter med, at mulden fjernes, og der etableres omfangsdræn med samlebrønd som kontrolpunkt og skybrudsbuffer. Bærelinjer placeres over remmen, så lasten fordeles korrekt, og der bliver plads til bred sokkelisolering af kork.
Fundamentskruer sættes med cirka tre meters afstand langs yder- og midtlinjer i niveau med terræn. Montagen indregner 25 mm sidetolerance, og bæreevnen dokumenteres ved indskruning.
Et jævnt, komprimeret gruslag udlægges, og celleglasgranulat vibreres ovenpå. Det isolerer, dræner, bryder kapillær fugt og forhindrer skadedyr.
Radon- og fugtmembranen lægges direkte på celleglasset, føres op omkring remmen og 100 mm op på indersiden.
En 200 × 200 mm kemisk beskyttet eller imprægneret limtræsrem monteres på skruerne med murpap imellem, og forankringen føres gennem pælen og videre i væg og spær.
Uden på remmen monteres 100 mm kork, der går 50 mm ned i celleglasset og skæres med 15° hældning, hvorefter den pudses med armeret, vandafvisende og diffusionsåben kalkpuds.
Vægge kan monteres uafhængigt af bjælkelaget, og præfabrikerede dæk lægges først. Terrændækket isoleres med hempcrete.
Hvis der senere skal indblæses isolering, udlægges dug. Gulvbjælker monteres med sømvinkler, megaskruer eller bjælkesko, og der laves udvekslinger og pladestrimler for skivevirkning.
Når bygningen er lukket, monteres et diffusionsåbent træpladegulv, og langs ydervægge laves en bort. Til sidst blæses isoleringen ind, og små runde sten lægges langs facaden for at reducere opsprøjt og beskytte soklen.





Fundament

Terrandæk med isoleret dræn 2

DIMENSION OG PRÆSTATION

Den viste konstruktion er mellemvarianten og fremhævet i skemaet. Lav og Høj er beregnede variationer med mindre eller større isoleringstykkelse. Værdierne omfatter A1–A3, B4(B6),C3–C4 efter BR18. Derudover er A4–A5 beregnet med 10 % spild og vist med grå skrift. (SH) markere sommerhuskrav

	Lav	Mellem	Høj
Iso. Dim. (mm)		Fun: 495 Væg: 145	
U-værdi (W/(m²·K))			
Kon. Dim. (mm)		Fun: 684 Væg: 170	
LCA (kg CO2e)	66.4	Fun: 67.8 A4+A5 11.3 Væg: 67.2 11.3	71.6

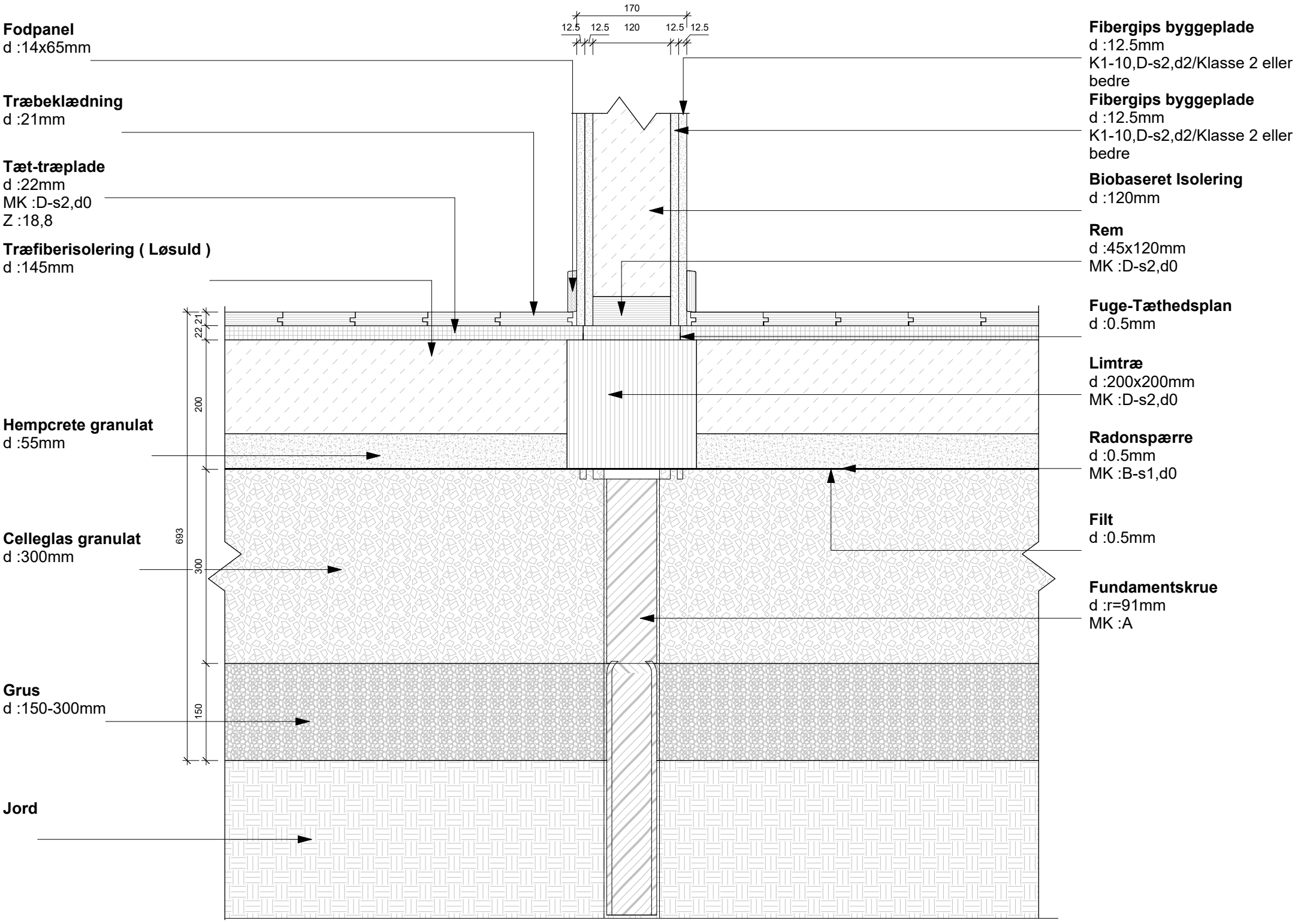
PRAKTISK INFO

Ønskes et lavt gulvniveau, er terrændæk på isolerende dræn med skruefundament en velegnet løsning. Den forudsætter, at grundvandsstanden ligger stabilt under terræn, og at et omfangsdræn kan etableres og vedligeholdes med varig funktion. Opbygningen kombinerer drænende og isolerende celleglas, radonsikring, bærende remme og skruefundamenter og giver en robust og fugtsikker konstruktion tæt på terræn.

Allerede i skitsefasen anbefales dialog med et skruefundamentsfirma. En teknisk vurdering af bygningens vægt, geometri og krav kan afklare, om skruefundering er egnet, og om designet skal justeres. En prøveskruning på grunden er den mest præcise og økonomiske metode til at vurdere jordens bæreevne. Hvis der er potentiale, udføres en jordbundsundersøgelse i samarbejde mellem geoteknikere og skruefundamentsfirmaet.

Et stabilt omfangsdræn er en aktiv del af konstruktionen. Det bør kunne kontrolleres via en samlebrønd og dimensioneres som skybrudsbuffer. Før montagen fjernes muldlaget og erstattes senere af et drænende lag grus.

Ydervæggens bærelinjer placeres så langt inde som muligt for at give plads til en effektiv sokkelopbygning og sikre tilstrækkelig afstand til terræn.



BRANDKRAV

Der er ingen brandkrav nævnt for terrændæk, og derfor gælder ingen specifikke krav. Vi har dog indarbejdet mulighed for at forhindre ophobning af brandbart materiale som blade under hævede terrændæk. Man skal også være opmærksom på, at ydervæggens overfladekrav fortsætter ned langs ydersiden af terrændækkene. Læs mere i tekststykket der hører til denne fundaments løsning.

FUGT

De eneste dokumenterede erfaringer med hævede terrændæk stammer fra et Byg-Erfa-blad om pavillonbyggeri, og der findes ingen litteratur om skruefundering. Vi har derfor sammenholdt bladets minimumskrav med entreprenørers og rådgiveres praksiserfaringer. På den baggrund anbefaler vi større ventilationsareal, større frihøjde og et gruslag som fugtbuffer i stedet for plastmembran. Erfaring viser ingen problemer med organiske materialer; biobaserede løsninger trives bedst i fugthåndterende miljøer. Da den tekniske viden er begrænset, bygger vores løsning primært på byggekulturel erfaring.

MONTERING

Udførelsen starter med, at mulden fjernes, og der etableres omfangsdræn med samlebrønd som kontrolpunkt og skybrudsbuffer. Bærelinjer placeres over remmen, så lasten fordeles korrekt, og der bliver plads til bred sokkelisolering af kork.
Fundamentskruer sættes med cirka tre meters afstand langs yder- og midtlinjer i niveau med terræn. Montagen indregner 25 mm sidetolerance, og bæreevnen dokumenteres ved indskruning.
Et jævnt, komprimeret gruslag udlægges, og celleglasgranulat vibreres ovenpå. Det isolerer, dræner, bryder kapillær fugt og forhindrer skadedyr.
Radon- og fugtmembranen lægges direkte på celleglasset, føres op omkring remmen og 100 mm op på indersiden.
En 200 × 200 mm kemisk beskyttet eller imprægneret limtræsrem monteres på skruerne med murpap imellem, og forankringen føres gennem pælen og videre i væg og spær.
Uden på remmen monteres 100 mm kork, der går 50 mm ned i celleglasset og skæres med 15° hældning, hvorefter den pudses med armeret, vandafvisende og diffusionsåben kalkpuds.
Vægge kan monteres uafhængigt af bjælkelaget, og præfabrikerede dæk lægges først. Terrændækket isoleres med hempcrete.
Hvis der senere skal indblæses isolering, udlægges dug. Gulvbjælker monteres med sømvinkler, megaskruer eller bjælkesko, og der laves udvekslinger og pladestrimler for skivevirkning.
Når bygningen er lukket, monteres et diffusionsåbent træpladegulv, og langs ydervægge laves en bort. Til sidst blæses isoleringen ind, og små runde sten lægges langs facaden for at reducere opsprøjt og beskytte soklen.

Pudefundament

En let fuldfundering...særligt til vægtaflastning

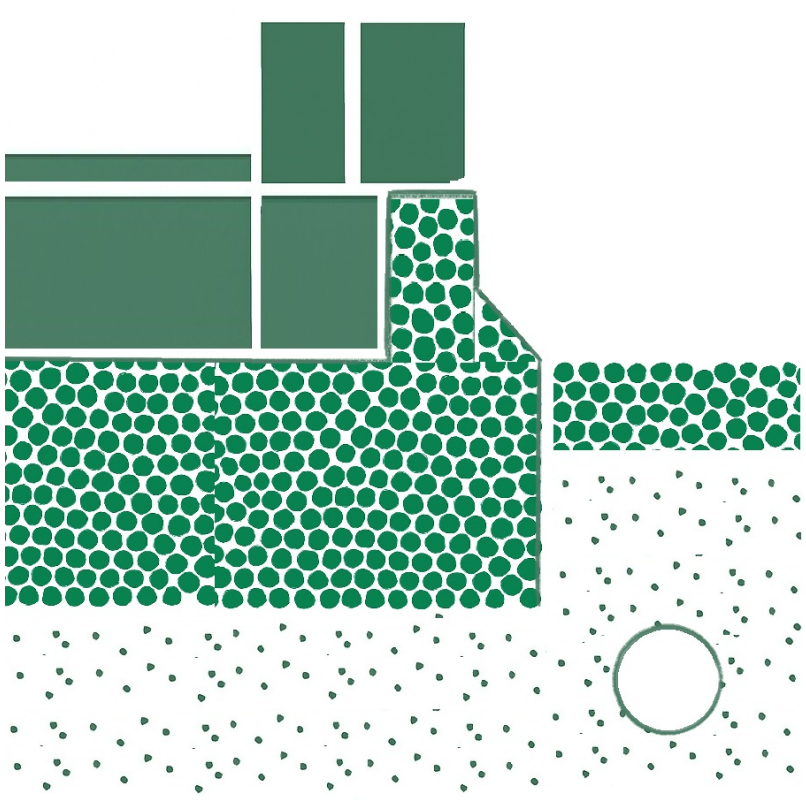
Pudefundament og vægtaflastende fundament

Planlægning og forudsætninger

Pudefundamentet består af tre lag sammenlimede celleglasblokke. Lagene danner en stabil, trykfordelende og kapillarbrydende bund under bygningen. Celleglas fremstilles af opskummet genbrugsglas og indeholder lukkede luftceller. Det giver høj trykstyrke, lav vandoptagelse og gode isoleringsegenskaber. Materialet kan ikke nedbrydes biologisk og kan ikke gnaves af skadedyr. Kombinationen af trykstyrke, fugtbestandighed og genanvendelsesmuligheder gør celleglas velegnet i fundamenter, hvor man ønsker en robust konstruktion med høj materialecirkularitet.

Pudefundamentet er særligt relevant, når jordbundens bæreevne anbefaler en vægtaflastende løsning frem for punktfunderinger eller dybe fundamenter. Celleglassets store kontaktflade mod grunden reducerer trykket og skaber en stabil lastfordeling.

Fundamentet kombineres med biobaserede materialer som træ og hempcrete. Konstruktionen er udviklet med fokus på materialer, der enten er genanvendte eller biobaserede. Det kræver et effektivt omfangsdræn, som fungerer aktivt i konstruktionen og skal kunne tilses og vedligeholdes. Stabiliteten bygger på hele opbygningen. Derfor skal bygningens bærende og afstivende dele arbejde sammen i både længde- og tværretning. Det anbefales at inddrage rådgivere med erfaring i denne funderingsmetode tidligt i projektet. De kan sikre korrekt planlægning af lastfordeling, dræn og materialevalg.



Remme og øvrige trædele udføres i limtræ, gennemimprægneret træ eller trykimprægneret træ. Hvis økonomien tillader det, giver limtræ i eg den mest robuste løsning. Radonsikring opnås gennem celleglaslag i forbandt. I projektet er der desuden indlagt en radonmembran mellem første og andet lag som en ekstra sikkerhed.

Udførelse

- Arbejdet begynder med udgravning af muldlaget og etablering af omfangsdræn med samlebrønd. Drænet sikrer, at fundamentets underlag holdes tørt.

- Grunden afrettes med en stampet gruspude til 300 mm under terræn. Underlaget skal være helt jævnt og stabilt, da celleglas fordeler last gennem tryk og kræver plan understøtning.

- Det første lag celleglas lægges ud og limes sammen. Arbejdet udføres med handsker på grund af celleglassets skarpe kanter. Fundamentets bredde planlægges større end ydervæggene, så kontaktfladen mod underlaget bliver tilstrækkelig. Oven på dette lag udlægges eventuel radonmembran.

- Andet og tredje lag celleglas lægges i forbandt, forskudt af hinanden, så de danner en sammenhængende og stabil plade. Mellem hvert lag lægges filt som en del af systemets opbygning. Det øverste lag skæres i en 45-graders affasning mod ydersiden, så overfladevand ledes væk fra fundamentets kant.

- Langs ydervægge og under bærende vægge udlægges limtræsremme, samlet med stærke forbindelser. Remmene fordeler vægten og skaber en jævn overgang mellem celleglas og den bærende trækonstruktion. Når ydervægge og tag er monteret og lukket, er fundamentets trædele beskyttet mod vejrlig.

- I hele fundamentets flade udlægges et lag hempcrete-granulat, som stampes til 50 mm tykkelse. Hempcrete beskytter celleglasset under byggeprocessen og fungerer som et kalkholdigt, diffusionsåbent og skimmelresistent lag. Hempcrete skal stå i direkte kontakt med gulvbjælkerne, så isolering og overflader arbejder sammen hygroskopisk og kan optage og afgive fugt jævnt. Ovenpå udlægges isoleringsfilt.

- Gulvbjælkerne udføres som dobbelte 45×195 mm bjælker ved et spænd på cirka 4 m. De hviler på remmene og står i kontakt med hempcrete-laget, så konstruktionen kan udveksle fugt som tiltænkt. Ovenpå bjælkerne monteres en træplade som rågulv, der binder konstruktionen sammen og skaber stabilitet.

- Gulvkonstruktionen isoleres med papirpulp-løsuld. Løsulden udfylder hulrummene og har gode hygroskopiske egenskaber, som bidrager til fugtregulering og stabilitet.

- På ydersiden af remmen klæbes en 100 mm celleglasblok eller alternativt en 100 mm korkblok. Begge løsninger giver en isolerende og fugtbestandig sokkel. Soklen kan affases 45 grader på de yderste 3 cm for at lede vand væk fra soklen. Soklen coates med tilhørende lim og afsluttes med en stærk kalkbaseret puds.

Rundt om huset etableres en 400 mm bred og 250 mm dyb isolerende og drænende rende af celleglas. Den beskytter fundamentets kant mod frost og understøtter omfangsdrænet. Afslutningsvis udlægges et lag små, runde sten på 50–100 mm, som reducerer opsprøjt og mindsker fugtpåvirkningen af facaderne.

Forsikring af cirkulær og biobaseret byggeri

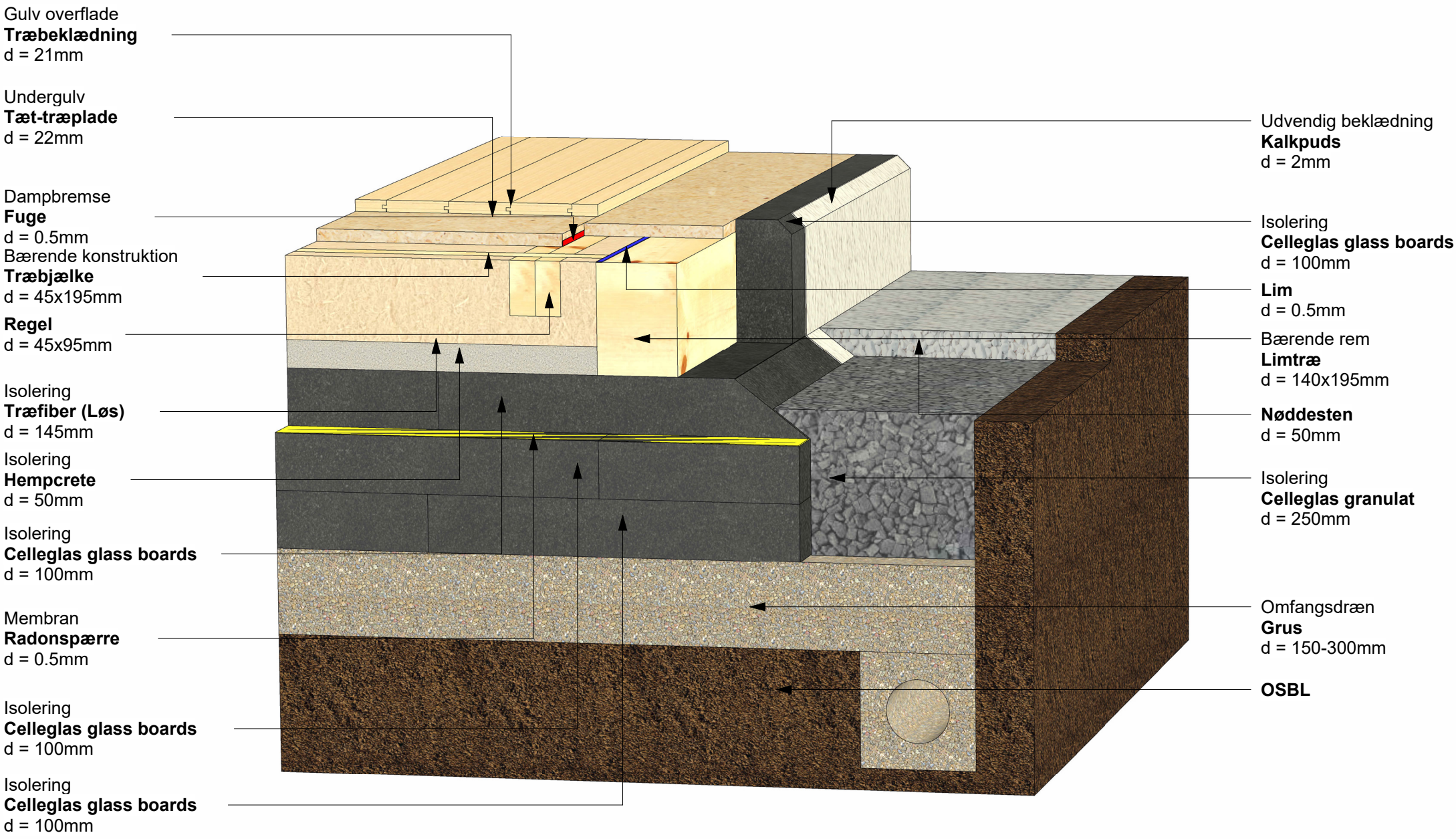
På nuværende tidspunkt kan entreprenører kun få byggeskadeforsikring, hvis virksomheden har eksisteret i mindst fem år uden underskud og kan placere hele byggesummen på en spæret konto under hele byggeperioden samt fem år efter afleveringen. Kravene betyder, at det kun er meget store entreprenører, der reelt kan tegne byggeskadeforsikringen. Det er sjældent de virksomheder, der har erfaring med biobaserede eller cirkulære byggemetoder.
Derfor ender mange projekter med at blive indsendt som selvbyggerprojekter. Her tegner bygherren en All-Risk-forsikring, og entreprisen opdeles i mindst to dele, hvor eksempelvis malerarbejdet udskilles fra hovedentreprisen for at opfylde reglerne.
Det afgørende er, at der normalt ikke er problemer med at forsikre eller dokumentere brugen af skruefundamenter. Udfordringen opstår, når bygherren vælger mindre virksomheder med specialiseret viden om biobaseret og cirkulært byggeri. Her kan man støde på en samfundsmæssig skævvridning mellem meget store entreprenører, der opfylder formalkravene, og de mindre fagligt stærke virksomheder, der faktisk har erfaring med de løsninger, projekterne efterspørger.

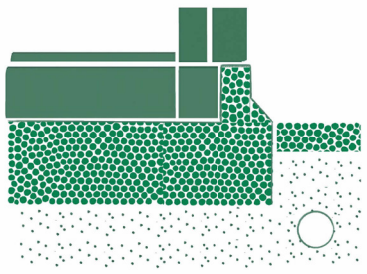
Hvad er gennemimprægneret træ?

Gennemimprægneret træ er træ, der er behandlet, så beskyttelsen trænger helt ind i materialet og giver varig modstandsdygtighed mod råd, svamp og skadedyr – også ved direkte kontakt med jord og fugt. Denne kategori omfatter traditionelt trykimprægneret træ og naturligt holdbare træsorter som eg og robinia, som har en iboende resistens, og derfor også kan anvendes i direkte kontakt med jord. Træsorter som lærk, douglasgran, cedertræ og modificerede produkter som Superwood, OrganoWood og ThermoWood har gode egenskaber til udvendig beklædning og regnskærme, men de kan ikke bruges ved jordkontakt. Af disse har lærk, douglas og Superwood en styrke, der vil kunne bruges til sømlister.

Hvad er vægtaflastning?

Hvad er vægtaflastning? Vægtaflastning bruges, når undergrunden er svag og ikke kan bære den normale vægt fra et byggeri. Metoden går ud på at fjerne tunge jordlag og erstatte dem med et let materiale som letklinker eller celleglas. Det reducerer belastningen på jorden og mindsker risikoen for sætninger. Når trykket bliver mindre, undgår man, at blød ler, organisk jord eller gammel fyldjord presses sammen over tid. Det giver fundamentet et mere stabilt og sikkert udgangspunkt, så huset står roligt uden revner eller skævheder. Vægtaflastning bruges ved både nybyggeri og ombygninger, hvor man vil beskytte konstruktionsdele mod bevægelser i jorden.





Fundament

Pudefundament 1

DIMENSION OG PRÆSTATION

Den viste konstruktion er mellemvarianten og fremhævet i skemaet. Lav og Høj er beregnede variationer med mindre eller større isoleringstykkelse. Værdierne omfatter A1–A3, B4(B6),C3–C4 efter BR18. Derudover er A4–A5 beregnet med 10 % spild og vist med grå skrift. (SH) markere sommerhuskrav

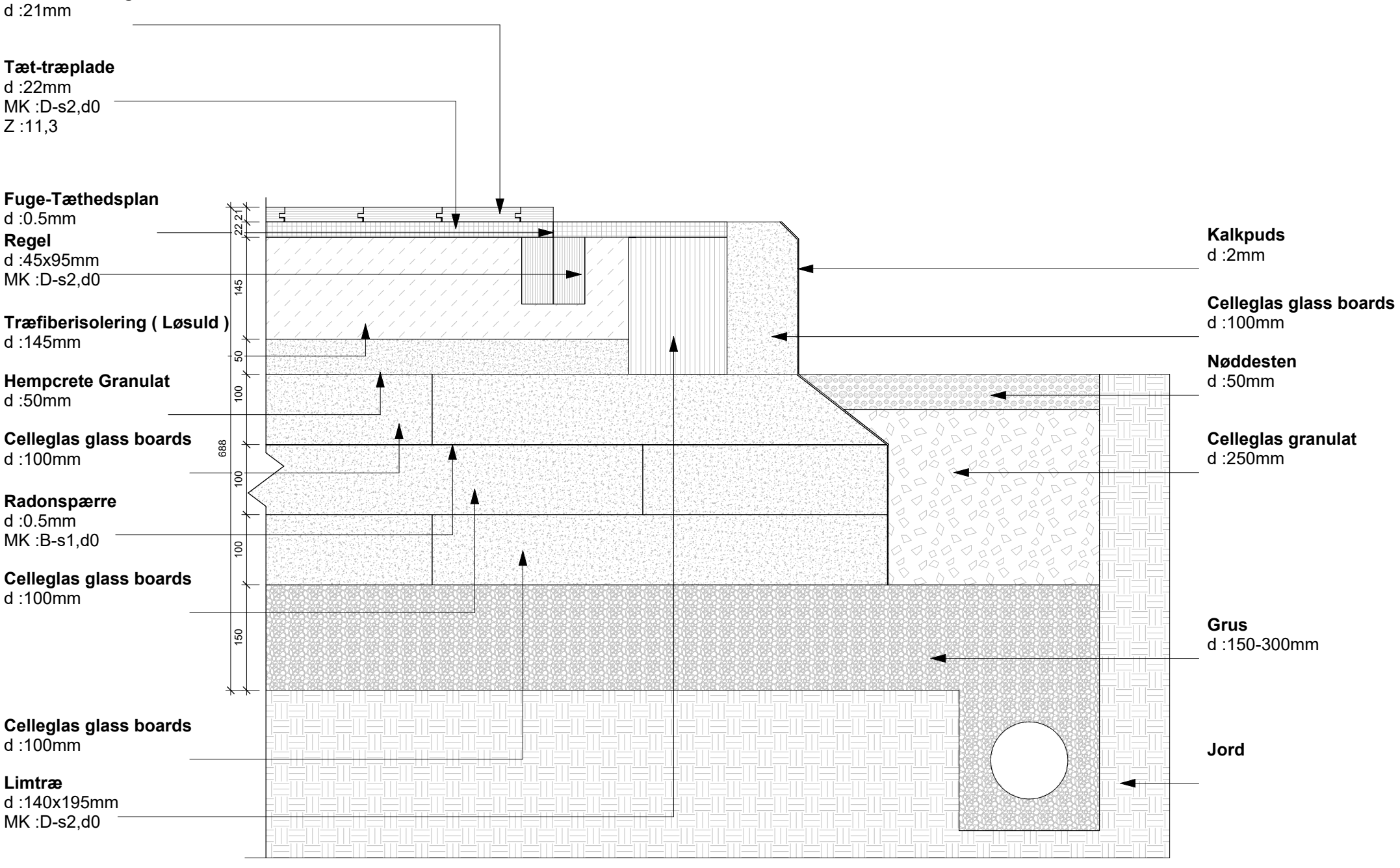
	Lav(SH)	Mellem	Høj
Iso. Dim. (mm)	320	495	695
U-værdi (W/(m²·K))	0.15	0.10	0.07
Kon. Dim. (mm)	516	691	891
LCA (kg CO2e)	-	84.2 A4+A5 15.3	-

PRAKTISK INFO

Pudefundamentet består af tre lag sammenlimede celleglasblokke, der danner en stabil, trykfordelende og kapillarbrydende bund. Celleglas fremstilles af opskummet genbrugsglas med lukkede luftceller, hvilket giver høj trykstyrke, lav vandoptagelse og gode isoleringsegenskaber. Materialet nedbrydes ikke, optager ikke fugt og kan ikke angribes af skadedyr. Kombinationen af trykstyrke og materialecirkularitet gør løsningen velegnet, hvor man ønsker et robust fundament med lang levetid.

Pudefundamentet kan med fordel anvendes, når jordbundens beskaffenhed peger på behovet for en vægtaflastende konstruktion. Den store kontaktflade mod jorden reducerer trykket og giver en jævn lastfordeling, som mindsker risikoen for lokale sætninger. Løsningen kombineres med biobaserede materialer som træ og hempcrete og forudsætter et velfungerende omfangsdræn, der kan inspiceres og vedligeholdes.

Fundamentets stabilitet afhænger af hele opbygningen. Bærende vægge, remme og afstivninger skal arbejde sammen i både længde- og tværretning, og belastningerne skal planlægges tidligt. Det anbefales at inddrage rådgivere med erfaring i celleglasfundamenter for at sikre korrekt dimensionering, lastfordeling og drænløsning. Remme og øvrige trædele udføres i limtræ, gennemimprægneret eller trykimprægneret træ. Limtræ i eg giver den mest robuste løsning, hvis økonomien tillader det. Radonsikring opnås gennem celleglaslag i forbandt, men der kan suppleres med en radonmembran mellem første og andet lag.



BRANDKRAV

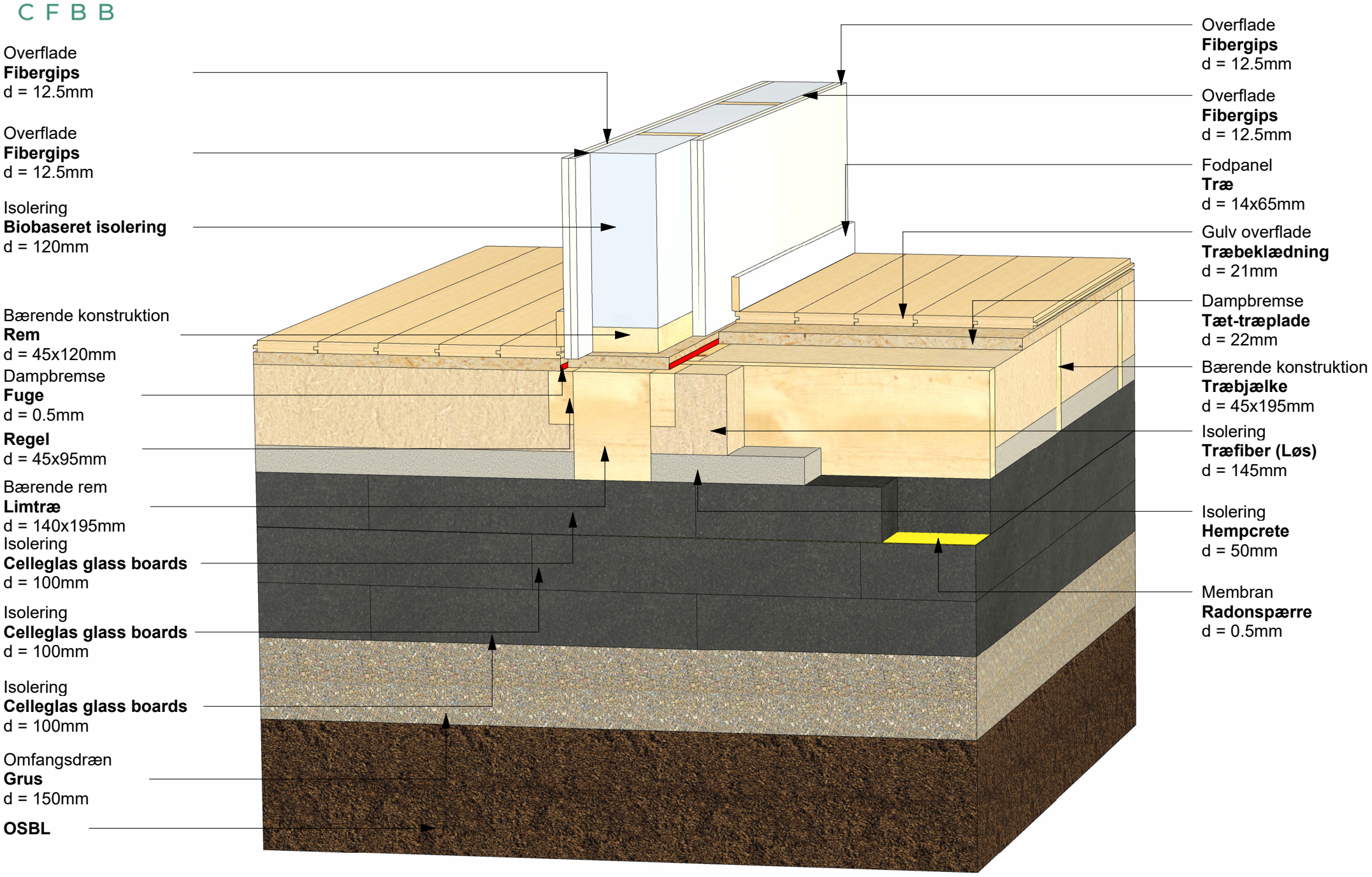
Der er ingen brandkrav nævnt for terrændæk, og derfor gælder ingen specifikke krav. Vi har dog indarbejdet mulighed for at forhindre ophobning af brandbart materiale som blade under hævede terrændæk. Man skal også være opmærksom på, at ydervæggens overfladekrav fortsætter ned langs ydersiden af terrændækkene. Læs mere i tekststykket der hører til denne fundaments løsning.

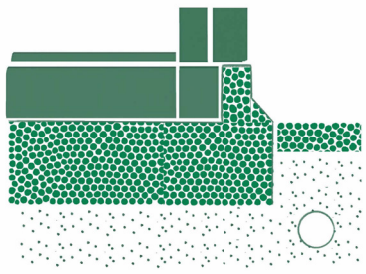
FUGT

De eneste dokumenterede erfaringer med hævede terrændæk stammer fra et Byg-Erfa-blad om pavillonbyggeri, og der findes ingen litteratur om skruefundering. Vi har derfor sammenholdt bladets minimumskrav med entreprenørers og rådgiveres praksiserfaringer. På den baggrund anbefaler vi større ventilationsareal, større frihøjde og et gruslag som fugtbuffer i stedet for plastmembran. Erfaring viser ingen problemer med organiske materialer; biobaserede løsninger trives bedst i fugthåndterende miljøer. Da den tekniske viden er begrænset, bygger vores løsning primært på byggekulturel erfaring.

MONTERING

Udførelse
Arbejdet begynder med afrømning af muldlaget og etablering af omfangsdræn med samlebrønd. Drænet sikrer et tørt underlag og skal fungere som en aktiv del af konstruktionen. Grunden afrettes med en stampet gruspude til 300 mm under terræn, så celleglasset får en helt plan og stabil kontaktflade.
Første lag celleglas lægges ud og limes sammen. Planlæg fundamentets bredde større end ydervæggene for at øge kontaktfladen og sikre en god vægtfordeling. Hvis der ønskes ekstra radonsikring, udlægges en radonmembran oven på første lag. De følgende to lag celleglas lægges i forbandt med filt mellem hvert lag. Det øverste lag skæres i 45 graders affasning, så vand ledes væk fra fundamentets kant. Langs ydervægge og under bærende vægge placeres limtræsremme, som fordeler lasterne og skaber en sikker overgang til den bærende trækonstruktion. Når vægge og tag er monteret, er trædelene beskyttet mod vejrlig.
Hele fundamentets flade dækkes af 50 mm stampet hempcrete-granulat. Laget beskytter celleglasset under byggeriet og fungerer som et diffusionsåbent, kalkholdigt og skimmelresistent underlag. Hempcrete skal stå i direkte kontakt med gulvbjælkerne, så fugt kan udveksles jævnt. Ovenpå udlægges isoleringsfilt, hvorefter gulvbjælkerne monteres som dobbelte 45×195 mm ved spænd på cirka 4 m.
Bjælkerne bærer et tæt rågulv af træplader. Hulrummene isoleres med papirpulp-løsuld, som giver god fugtregulering. Udvendigt klæbes en 100 mm celleglas- eller korkblok som sokkel. Den kan affases og afsluttes med lim og kalkpuds. Yderst etableres en 400 mm bred drænende rende af celleglas, og der afsluttes med et lag runde sten, som mindsker opsprøjt mod facaden.





Fundament

Pudefundament 2

DIMENSION OG PRÆSTATION

Den viste konstruktion er mellemvarianten og fremhævet i skemaet. Lav og Høj er beregnede variationer med mindre eller større isoleringstykkelse. Værdierne omfatter A1–A3, B4(B6),C3–C4 efter BR18. Derudover er A4–A5 beregnet med 10 % spild og vist med grå skrift. (SH) markere sommerhuskrav

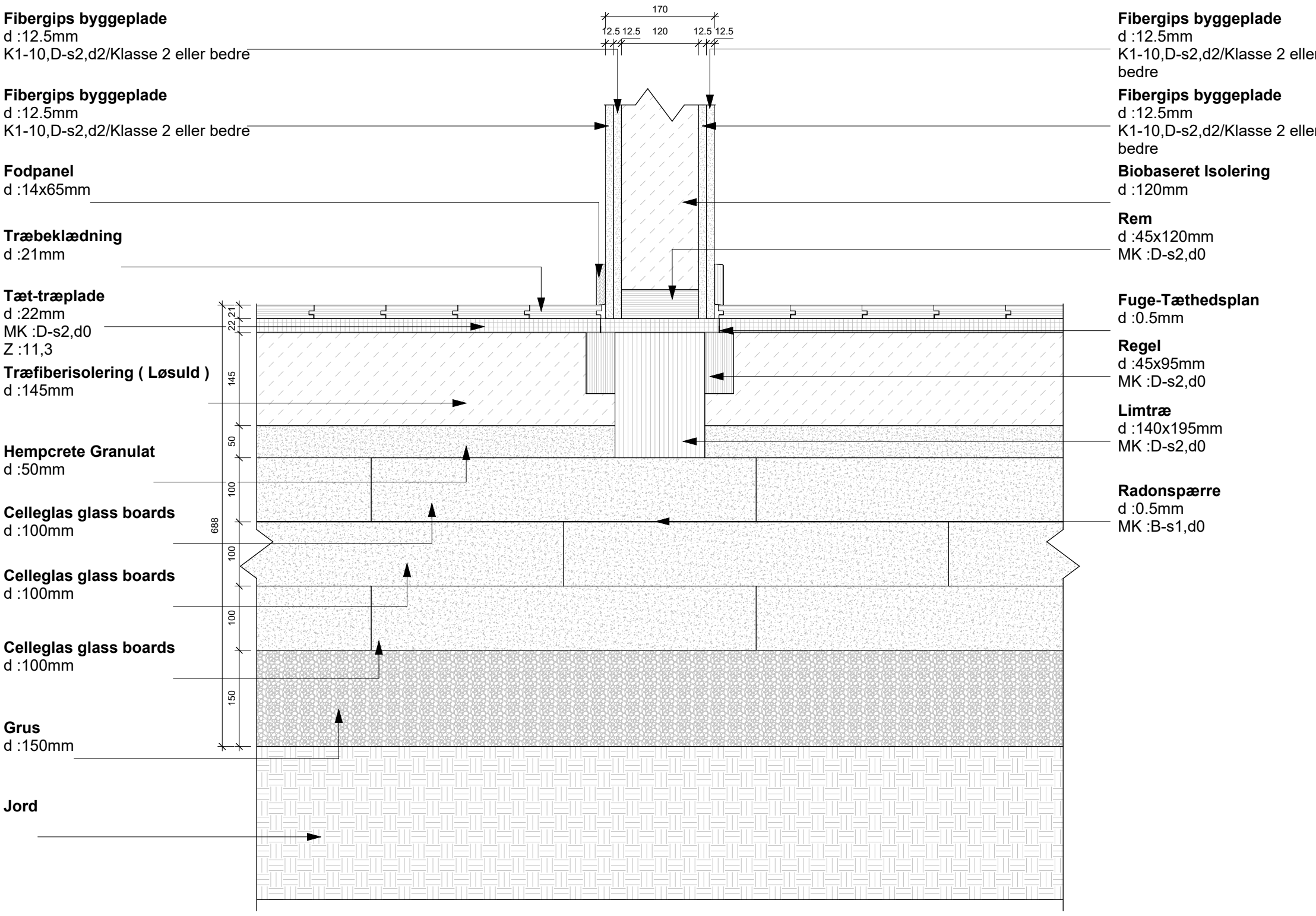
	Lav	Mellem	Høj
Iso. Dim. (mm)		Fun: 495 Væg: 145	
U-værdi (W/(m²·K))			
Kon. Dim. (mm)		Fun: 691 Væg: 170	
LCA (kg CO2e)	61.5	Fun: 78.5 A4+A5 14.7 Væg: 67.2 14.7	97.9

PRAKTISK INFO

Pudefundamentet består af tre lag sammenlimede celleglasblokke, der danner en stabil, trykfordelende og kapillarbrydende bund. Celleglas fremstilles af opskummet genbrugsglas med lukkede luftceller, hvilket giver høj trykstyrke, lav vandoptagelse og gode isoleringsegenskaber. Materialet nedbrydes ikke, optager ikke fugt og kan ikke angribes af skadedyr. Kombinationen af trykstyrke og materialecirkularitet gør løsningen velegnet, hvor man ønsker et robust fundament med lang levetid.

Pudefundamentet kan med fordel anvendes, når jordbundens beskaffenhed peger på behovet for en vægtaflastende konstruktion. Den store kontaktflade mod jorden reducerer trykket og giver en jævn lastfordeling, som mindsker risikoen for lokale sætninger. Løsningen kombineres med biobaserede materialer som træ og hempcrete og forudsætter et velfungerende omfangsdræn, der kan inspiceres og vedligeholdes.

Fundamentets stabilitet afhænger af hele opbygningen. Bærende vægge, remme og afstivninger skal arbejde sammen i både længde- og tværretning, og belastningerne skal planlægges tidligt. Det anbefales at inddrage rådgivere med erfaring i celleglasfundamenter for at sikre korrekt dimensionering, lastfordeling og drænløsning. Remme og øvrige trædele udføres i limtræ, gennemimprægneret eller trykimprægneret træ. Limtræ i eg giver den mest robuste løsning, hvis økonomien tillader det. Radonsikring opnås gennem celleglaslag i forbandt, men der kan suppleres med en radonmembran mellem første og andet lag.



BRANDKRAV

Der er ingen brandkrav nævnt for terrændæk, og derfor gælder ingen specifikke krav. Vi har dog indarbejdet mulighed for at forhindre ophobning af brandbart materiale som blade under hævede terrændæk. Man skal også være opmærksom på, at ydervæggens overfladekrav fortsætter ned langs ydersiden af terrændækkene. Læs mere i tekststykket der hører til denne fundaments løsning.

FUGT

De eneste dokumenterede erfaringer med hævede terrændæk stammer fra et Byg-Erfa-blad om pavillonbyggeri, og der findes ingen litteratur om skruefundering. Vi har derfor sammenholdt bladets minimumskrav med entreprenørers og rådgiveres praksiserfaringer. På den baggrund anbefaler vi større ventilationsareal, større frihøjde og et gruslag som fugtbuffer i stedet for plastmembran. Erfaring viser ingen problemer med organiske materialer; biobaserede løsninger trives bedst i fugthåndterende miljøer. Da den tekniske viden er begrænset, bygger vores løsning primært på byggekulturel erfaring.

MONTERING

Udførelse
Arbejdet begynder med afrømning af muldlaget og etablering af omfangsdræn med samlebrønd. Drænet sikrer et tørt underlag og skal fungere som en aktiv del af konstruktionen. Grunden afrettes med en stampet gruspude til 300 mm under terræn, så celleglasset får en helt plan og stabil kontaktflade.
Første lag celleglas lægges ud og limes sammen. Planlæg fundamentets bredde større end ydervæggene for at øge kontaktfladen og sikre en god vægtfordeling. Hvis der ønskes ekstra radonsikring, udlægges en radonmembran oven på første lag. De følgende to lag celleglas lægges i forbandt med filt mellem hvert lag. Det øverste lag skæres i 45 graders affasning, så vand ledes væk fra fundamentets kant. Langs ydervægge og under bærende vægge placeres limtræsremme, som fordeler lasterne og skaber en sikker overgang til den bærende trækonstruktion. Når vægge og tag er monteret, er trædelene beskyttet mod vejrlig.
Hele fundamentets flade dækkes af 50 mm stampet hempcrete-granulat. Laget beskytter celleglasset under byggeriet og fungerer som et diffusionsåbent, kalkholdigt og skimmelresistent underlag. Hempcrete skal stå i direkte kontakt med gulvbjælkerne, så fugt kan udveksles jævnt. Ovenpå udlægges isoleringsfilt, hvorefter gulvbjælkerne monteres som dobbelte 45×195 mm ved spænd på cirka 4 m.
Bjælkerne bærer et tæt rågulv af træplader. Hulrummene isoleres med papirpulp-løsuld, som giver god fugtregulering. Udvendigt klæbes en 100 mm celleglas- eller korkblok som sokkel. Den kan affases og afsluttes med lim og kalkpuds. Yderst etableres en 400 mm bred drænende rende af celleglas, og der afsluttes med et lag runde sten, som mindsker opsprøjt mod facaden.

Hvad er tankerne bag ?

De Biobaserede Byggevejledninger

Projektets trebenede målsætning

Projektet har en trebenet målsætning. Vi har udviklet vejledning til biobaserede byggemetoder og andre cirkulære metoder, der understøtter en bæredygtig udvikling af byggeriet samt skov- og landbrug. Byggemetoderne skal være bioøkonomiske, gangbare og bygbare.

Bioøkonomiske metoder
Bioøkonomiske metoder skal understøtte den bæredygtige udvikling af natur, landbrug og skovdrift i Danmark og Nordeuropa. Målet er at skabe løsninger, der giver mening i et geopolitisk perspektiv, og som styrker en langsigtet ressourceøkonomi.

Gangbare løsninger
Gangbare løsninger skal kunne anvendes inden for dansk byggelovgivning, almindeligt teknisk fælleseje og dansk byggeskik. Vejledningen skal derfor bygge på kendte principper og dokumenterbare metoder.

Bygbarhed i praksis
Bygbare løsninger skal være genkendelige for udførende fagfolk. Materialerne skal være tilgængelige, og løsningerne skal kunne udføres økonomisk og teknisk forsvarligt.

I de kommende afsnit kan du læse om de fund og overvejelser, vi har gjort os undervejs i projektet. Vi gennemgår:

- Hvad skal du tænke på, når du planlægger?
- Hvordan understøttes bæredygtig udvikling?
- Brand – Bygningsdele med brandmodstandsevne R30
- Brand – Overfladekrav og brandinddækning
- Fugt – Krav og strategi
- Fugt – Risikovurdering til innovation
- Konstruktiv og kemisk træ- og materialebeskyttelse
- Holdbarhed – Konstruktiv og kemisk træ- og materialebeskyttelse
- Energiløsninger
- LCA – Følger europæisk standard og BR18
- Isoleringstykkelser og referencehuset
- Konstruktionens LCA-resultater

Hvad skal du tænke på når du planlægger?

Prissætning

Erfaringerne tyder på, at biobaseret byggeri kan være mellem 5 % billigere og 20 % dyrere end konventionelt byggeri. Materialerne er ofte dyrere, fordi markedet fortsat er lille. Til gengæld kan de i nogle tilfælde gøre byggetiden kortere og dermed sænke prisen. En tidlig og solid projekteringsproces er derfor afgørende for både pris og kvalitet.

Valg af rådgiver

Ændringer sent i processen er dyre og komplicerede – især hvis projektet først senere får tilføjet biobaserede materialer. Bygherren bør derfor engagere en arkitekt, byggerådgiver eller håndværker med dokumenteret erfaring i biobaseret byggeri allerede fra projektets start. Det er vigtigt at afklare, om rådgiverne for statik og brand også har erfaring på området.

Valg af håndværker

Håndværkere med erfaring i biobaseret byggeri har ofte praktisk viden, der gør udførelsen mere effektiv. Det kan være en fordel at inddrage en sådan håndværker tidligt i processen. Hvis den første kontakt sker til en håndværker frem for en arkitekt eller byggerådgiver, bør disse fagpersoner inddrages efterfølgende – eventuelt gennem håndværkerens netværk.

Valg af fundamenttype

Skruefundament

Valget af fundamenttype afhænger af bygherrens ønsker og af jordbundsforholdene. Hvis bygherren ønsker skruefundamenter, kan en tidlig inddragelse af en håndværker være en fordel. Håndværkeren kan ofte udføre en prøveboring hurtigt og billigt, hvilket giver værdifuldt input til design og beslutninger. En geoteknisk undersøgelse vil normalt være nødvendig senere.
Vejledningen indeholder forslag til både hævet terrændæk og lavtliggende terrændæk med isoleret dræn. Hvis man vælger et traditionelt stribefundament med eller uden betondæk, bortfalder muligheden for at reducere klimapåvirkningen på den del af byggeriet, der normalt giver den største belastning. Til gengæld bliver projekteringen ofte enklere.

Pudefundament

Hvis de bæredygtige jordlag ligger dybt, kan et vægtaflastende fundament være en løsning. Biobaserede konstruktioner er generelt lette, og vejledningen beskriver derfor et forslag til denne fundamenttype. Princippet er, at bygningens vægt ikke må overstige vægten af den jord, man fjerner. Løsningen fungerer særligt godt som pudefundament og kan samtidig anvendes i mange andre situationer.

Valg af konstruktionstype

Flere faktorer påvirker valget af konstruktionstype. Konstruktionstyperne i projektet er forholdsvis universelle og kan tilpasses mange overfladetyper og forskellige fundamenter.

Halm

Man opfører typisk halmkonstruktioner som elementbyggeri, ofte i tømrerentreprise. Konstruktionen kan lukkes hurtigt mod vind og vejr. Isoleringen skal brandbeskyttes, men yderbeklædningen kan være mere åben efter behov. De øvrige materialer kan som regel bestilles gennem almindelige trælasthandler, hvilket gør planlægningen lettere. Halm er et overskudsprodukt i landbruget og rummer et interessant klimamæssigt potentiale.

Hamp

Hampekonstruktionen kræver omfattende murerarbejde og anvender tungere materialer. Det giver en høj termisk masse og en god lydisolering. Hampekalken har en høj brandklasse, hvilket gør det muligt at anvende næsten alle typer biobaseret isolering i væggene. Hamp er en enårig afgrøde med betydelige klima- og miljømæssige fordele for landbruget.

Træ
Trækonstruktionen ligger tæt på klassisk tømrerarbejde og kan udføres som elementbyggeri eller bygges direkte på stedet. Konstruktionen er vejrbeskyttet, så snart man har monteret træfiber-vindspærre og undertag. Det reducerer samtidig kuldebroer i den færdige konstruktion. Den isolerende yderskærm sætter dog nogle rammer for både regnskærm og tagudtryk. Yderbeklædningen skal være lukket, så træfiberen ikke er synlig. På taget kan man bruge de fleste materialer, men enkelte nye materialeløsninger er endnu ikke fuldt afprøvede.

Forsikring og finansiering
Det er ikke muligt at få byggetilladelse uden en forsikring, der dækker eventuelle uheld under byggeprocessen. Det er tilsvarende ikke muligt at få finansiering uden en sådan forsikring.

Byggeskadeforsikring – et strukturelt problem
Projektets undersøgelser viser en generel usikkerhed om muligheden for at tegne byggeskadeforsikring ved biobaseret byggeri. Det kan umiddelbart se ud, som om materialerne skaber problemet, men analysen viser, at udfordringen primært skyldes et meget begrænset marked for byggeskadeforsikringer.
Markedet har få udbydere, og kravene betyder i praksis, at kun de største entreprenørvirksomheder kan opfylde betingelserne. Blandt kravene er:
- Virksomheden skal have eksisteret i mindst fem år uden underskud.
- Virksomheden skal deponere et beløb svarende til byggesummen i hele den femårige dækningsperiode.

Disse krav udelukker reelt små og mellemstore virksomheder, herunder mange med erfaring i biobaseret byggeri. Problemet er derfor strukturelt og rammer biobaseret byggeri særligt hårdt, fordi kompetencerne ofte ligger hos mindre aktører.

All Risk-forsikring for selvbyggere
Bygherrer, der ønsker biobaseret byggeri, står typisk mellem to valg:
- En aftale med en stor entreprenør, hvor erfaringen med biobaseret byggeri kan være begrænset.
- En byggeansøgning som selvbygger.

Mange vælger selvbyggermodellen og tager enkelte fag ud af hovedentreprisen – ofte malerarbejdet. Entreprenøren giver tilbud på alle øvrige arbejder, mens bygherren selv indgår aftale om malerarbejdet. I disse tilfælde skal bygherren tegne en All Risk-forsikring (entrepriseforsikring), der dækker udførelsen, også for det arbejde bygherren selv udfører.

Kompetenceinddragelse ved totalentreprise
Hvis man vælger en større entreprenør, som opfylder kravene til byggeskadeforsikring og tager totalentreprisen, bør bygherren sikre, at biobaseret viden bliver en del af projektet. Det kan ske ved:
- Øget tilstedeværelse af en arkitekt eller byggerådgiver med erfaring i biobaseret byggeri.
- Krav om brug af underentreprenører med dokumenteret erfaring i biobaserede byggemetoder.

Uanset valg af model er det muligt at tegne de nødvendige forsikringer, hvis man ønsker at bygge biobaseret.

Leverandørernes parallelle udgivelser med produktgaranti
Leverandørerne udgiver parallelt deres egne byggevejledninger, som ligner DBB. De giver produktgaranti, hvis man følger deres løsninger. De uddyber dette i deres egne vejledninger.

Byggeansøgningen
Byggevejledningen er udarbejdet til byggeri i brandklasse 1 og inden for de præaccepterede løsninger i BR18 Bilag 1a. Vejledningen indeholder løbende henvisninger til Almindeligt teknisk fælleseje og gældende lovgivning, som kan bruges til dokumentation, hvis det bliver nødvendigt. Dermed kan vejledningen anvendes som opslagsværk – både til selve byggeriet og til dokumentationssporene.
Bygherren skal stadig engagere rådgivere til at dokumentere krav som statik, LCA og energirammeberegning.

Hvordan understøtters bæredygtig udvikling?

Afsæt I FNs bæredygtighedsagenda

Projektet De Biobaserede Byggevejledninger tager afsæt i FN's dagsorden for bæredygtig udvikling og arbejder konkret med at skabe handlekraft til bæredygtighed i byggebranchen. Handlekraften består både af de faglige kompetencer og den praktiske drivkraft, der gør det muligt for alle aktører at bidrage til den nødvendige omstilling. (United Nations 2015)



(Verdensmålene.dk, u. å.)

Metode

Projektet udvikler og formidler byggemetoder, der understøtter den bæredygtige udvikling af byggeriet, og som er valideret i forhold til byggelovgivningens krav gennem alment teknisk fælleseje.
Metoden tager afsæt i biobaserede løsninger, der er biobaserede, bygbare og gangbare. Arbejdet fokuserer på lav miljøpåvirkning, høj kvalitet og overholdelse af gældende lovgivning. Udviklingen sker med blik for lokale og geopolitiske forhold, så metoderne kan bruges bredt i praksis.

Bioøkonomisk tilgang

Nordeuropa har bæredygtigt forvaltede skove og restfibre fra etårige vækster i landbruget. Disse ressourcer udgør et solidt grundlag for biobaserede byggematerialer, som lagrer CO_2 i stedet for at udlede det (Rasmussen 2022; Rasmussen u.å.). For at anvendelsen kan betegnes som bioøkonomisk, skal både mængden af biomasse og den lokale værdiskabelse vokse i takt med efterspørgslen. Projektet arbejder derfor med biogene materialer fra bæredygtigt skov- og landbrug, hvor dyrkning og forarbejdning også understøtter social og økonomisk udvikling. (European Commission 2025)

Mulighed for nye forsyningskæder

Undersøgelser peger på, at biobaserede materialer kan spille en central rolle i den grønne omstilling af byggeriet. Materialernes reelle bæredygtighed afhænger dog af, hvordan de produceres. Der ligger derfor et stort potentiale i at udvikle nye afgrøder og forsyningskæder, hvor fibre fra protein- eller olieproducerende planter kan styrke både fødevareforsyningen og byggesektoren.
Produktionen af biobaserede materialer i Danmark er i dag begrænset. De fleste materialer i projektets sortiment kommer fra nabolande med mere udviklede forsyningskæder. En del af projektets formål er derfor at skabe viden, efterspørgsel og incitamenter, der kan fremme dansk produktion i fremtiden. (Nielsen, Nord-Larsen & Jørgensen 2024; Artelia 2024)

International regulering og begrebsafklaring

EU-Parlamentet har fra 2019 til 2024 vedtaget direktiver, der indsnævrer lovlig brug af begreber som "bæredygtig" og "klimaneutral". I 2024 udsendte EU's ombudsmand nye retningslinjer for brugen af disse termer i kommunikation og markedsføring. Projektet følger disse principper og bruger kun begreber, der kan dokumenteres og forstås.
Af samme grund er betegnelsen biogent udskiftet med biobaseret, og "Center for Bæredygtig Byggevejledning" har ændret navn til Center for Biobaseret Byggevejledning. Den biobaserede betegnelse giver større klarhed og præcision og understøtter de komplekse hensyn, som den bæredygtige udvikling i byggeriet kræver. (European Parliament & Council of the European Union 2024)

Verdensmål og lokal tilpasning

Projektet arbejder direkte med FN's verdensmål 4 (uddannelse), 9 (industri, innovation og infrastruktur) og 17 (partnerskaber), og indirekte med verdensmål 3, 8, 11, 12, 13, 15 og 16. Projektet arbejder inden for FN's 3D-agenda: miljø (klima), samfund og økonomi – tre områder, der er indbyrdes forbundne og gensidigt afhængige.
Det er samtidig afgørende, at byggemetoderne er geopolitisk forankrede. De skal tilpasses de naturgivne ressourcer, byggeskikke og lovgivningsmæssige rammer, der gælder i det område, hvor de skal bruges – i dette tilfælde Nordeuropa. (State-of-the-Art, CfBB 2025)

Byggeri der understøtter den bæredygtige udvikling
De Biobaserede Byggevejledninger (DBB) fungerer som et redskab til at støtte bæredygtigt udvikling byggeri i praksis. Vejledningerne reducerer byggeriets samlede klimapåvirkning ved at fokusere på materialevalg, ressourceforbrug og designløsninger, der fremmer en ansvarlig brug af naturens ressourcer. DBB giver samtidig mulighed for at balancere hensynet til materialernes indlejrede klimapåvirkning med bygningens energiforbrug i driftsfasen, så både konstruktion og anvendelse understøtter den bæredygtige udvikling.

Grænseværdier i BR18
Bygningsreglement 2018 (BR18) § 298 fastsætter grænseværdier for bygningers klimapåvirkning. Kravene gælder for nybyggeri og tilbygninger og er differentieret efter bygningstype og størrelse. Formålet er at reducere byggeriets samlede CO_2-udledning over bygningens livscyklus.
Sommerhuse, campinghytter og andre ferieboliger under 150 m² må maksimalt udlede 4,0 kg CO_2-ækv./m² pr. år. Sommerhuse og ferieboliger på 150 m² eller mere må udlede op til 6,7 kg CO_2-ækv./m² pr. år. Den samme grænse på 6,7 kg CO_2-ækv./m² pr. år gælder for stuehuse til landbrugsejendomme samt fritliggende enfamiliehuse og række-, kæde- og dobbelthuse. (Transport- og Boligministeriet 2018)

Materialer og driftsenergi
For at overholde BR18's grænseværdier skal man vurdere både klimapåvirkningen fra opførelsen og den energi, boligen forbruger i driftsfasen. Materialernes produktion og transport bidrager til udledningen i byggefasen. Materialer med lavt klimaaftryk kan derfor reducere belastningen betydeligt.
I driftsfasen bestemmer isoleringstykkelsen bygningens varmebehov, og valg af energikilde har stor betydning for udledningens størrelse. En bolig, der bruger materialer med lav klimapåvirkning og er opført som en energieffektiv konstruktion med vedvarende energikilder, har de bedste forudsætninger for at overholde BR18's krav. (Zimmermann et al. 2020)

Reduction Roadmap
Reduction Roadmap er et forskningsbaseret initiativ fra BUILD, Aalborg Universitet, og samarbejdspartnere i branchen. Initiativet opstiller videnskabeligt funderede reduktionsmål for byggeriets klimapåvirkning, så sektoren kan bidrage til at opfylde Paris-aftalen. Roadmappet viser, at klimapåvirkningen fra nybyggeri senest i 2025 bør reduceres til maksimalt 5,8 kg CO_2-ækv./m² pr. år og i 2029 helt ned til 0,3 kg CO_2-ækv./m² pr. år. (Reduction Roadmap 2023)

De Biobaserede Byggevejledninger
De Biobaserede Byggevejledninger fokuserer på materialernes indlejrede klimapåvirkning fra produktion, transport og anvendelse. Vejledningerne giver samtidig mulighed for at træffe valg, der påvirker bygningens driftsfase, eksempelvis isoleringstykkelser, hvor balancen mellem materialeforbrug og energibesparelse spiller en væsentlig rolle.

Livscyklus og klima
De første LCA-estimater viser, at Halm og Træ ligger omkring 3,0 kg CO_2e/m² for bygningsdele og dermed forventes at kunne opfylde både BR18's klimakrav frem mod 2029 og niveauerne i Reduction Roadmap. Hamp ligger højere, omkring 3,8 kg CO_2e/m², og kan sandsynligvis klare kravene i 2025 og 2027, men vil kræve optimering for at nå 2029-niveauet. En samlet løsning, der bruger de mest klimaeffektive konstruktioner på tværs af DBB, kan komme ned omkring 2,3 kg CO_2e/m² – cirka 30–35 % under 2029-kravet. Det viser, at biobaserede konstruktioner kan levere robuste og konkurrencedygtige klimaløsninger allerede i den tidlige projektering.

Selv om at LCA-beregningerne viser potentiale vurderer vi, at den nuværende LCA-praksis i som samfundspraksis endnu ikke giver et retvisende billede af byggeriets klimapåvirkning. Der er mere at hente. Det sker især, fordi LCA-beregning stadig er under udvikling, og fordi meget af den tilstødende viden er relativ og vanskelig at sætte i et entydigt forhold. Vi hilser derfor den fortsatte udvikling af LCA-metoder velkommen.

I mellemtiden fokuserer vi på det nordiske potentialer for at opbygge nye forsyningskæder mellem landbrug, skovbrug, byggeri og energisektor. Vi mener, at udviklingen af biobaserede byggemetoder er en central nøgle.

R30 kravene til bærende bygningsdele

Alle bygningsdele, der indgår i bygningens statik, har et krav om brandmodstandsevne på R30. Det betyder, at konstruktionen skal kunne opretholde sin bæreevne i 30 minutter under brand. Ud over dette krav har alle indvendige overflader et overfladekrav. Læs mere om overfladekrav i længere nede.

DBB indregner ydervægge, bærende skillevægge, etagedæk og tag som R30 for at give så frie arkitektoniske rammer som muligt. Da statikken i et hus under alle omstændigheder skal dokumenteres ved en byggeansøgning, anvender vi statiske beregninger til at opfylde R30-kravene. I CFBB-biblioteket findes en eksempelberegning. (Se bilag)

Eksemplerne tager udgangspunkt i en konservativ situation, hvor branden angriber træbjælker og stolper fra tre sider, efter at den har brændt sig gennem beklædningen. Derfor ligger gulvbjælker dobbelt i etagedækket. På den måde kombineres R30-kravet med et design, hvor etagedækket fylder mindre.

Alle elinstallationer skal have samme brandklasse som den bygningsdel, de indgår i. Det kan løses med en branddåse (KAISER 2024). Du kan se de brandmodstandsevnekrav, vi har anvendt, i tabel 1.

Bygningsdel	Krav	Validerings metode	Aktualitet
Ydervæg	**R30**	Løst ved statisk beregning	Vi antager, at den skal kunne bære spær
Etagedæk	**R30**	Løst ved statisk beregning	Vi antager, at den skal kunne afstive bygningens ydervægge
Tag	**R30**	Løst ved statisk beregning	Vi antager, at det afstiver husets ydervægge
Bærende skillevæg	**R30**	Løst ved statisk	Er bærende
Terrændæk	**Ingen**		Indgår ikke formelt i husets statik, men er løst med konstruktion lignende ydervæggene

Tabel 1 *Viser hvilke brandmæssige bæreevne krav der gør sig gældende. De lilla mærkerede felter er krav vi der anvendes i denne byggevejledning og de grå er krav der ikke er anvendt fordi de ikke er aktuelle for konstruktionerne i denne byggevejledning.*

Elinstallationer må ikke forringe brandegenskaberne

Elinstallationer må ikke forringe en bygningsdels overfladekrav eller brandadskillende egenskaber (Bilag 1a: 4.10.1). Kravene gælder også inde i indbygningsdåser. Hvis en bygningsdel bruges til at opfylde et overfladekrav eller som brandskel, må indbygningsdåsen derfor ikke svække de dokumenterede brandegenskaber. Vi beskriver tre løsninger.

Brandsikker indbygningsdåse

FUGA-systemets brandsikrede dåse er ikke dokumenteret til isolering ringere end B-s1,d0. Vi peger derfor på det europæiske system, hvor der findes større variation i udformning og tilbehør. En løsning er Kaisers brandsikrede dåse, som giver EI30 med alle isoleringstyper. Materialet i dåsen skummer op ved brand og holder tæt i 30 minutter. Det dækker både almindelige overfladekrav og de to gange EI30, som vores EI60-brandskel består af (Kaiser 2024).

Brandsikring ved inddækning

Elinstallationer kan også brandsikres ved inddækning.

Dette kan udføres med brandgips hele vejen rundt om dåsen. Brandgipsen er et certificeret gibspulver, der blandes op og hærder hurtigt (Mulcol International 2021).

En anden løsning er at bygge en brandboks med en K1 10 B-s1,d0-overflade, der samtidig opfylder EI30 eller bedre. To lag gips eller en træplade kombineret med fibergips kan opfylde dette krav (Træ 78).

Brand
Overfladekrav og brandinddækning

Som udgangspunkt anvender vi i denne hustypologi to overfladekrav. Fordi nyere europæiske standarder sammenholdes med ældre danske standarder, findes der i praksis to måder at opfylde hvert krav på:

K1-10 D-s2,d2 svarer til brandklasse 2.
K1-10 B-s1,d0 svarer til brandklasse 1. (Dansk Standard 1990; CEN/BSI 2018)

Begge overflader er lukkede, så man ikke kan se den bagvedliggende konstruktion. D-s2,d2 svarer materialemæssigt til træ, mens B-s1,d0 svarer til hempcrete eller gipskartonplade. Træ 78 indeholder eksempler på opbygninger, der opfylder kravene. (Træinformation 2014)

Alle indvendige overflader har overfladekrav. Elinstallationer, der gennembryder en overflade og skaber hul ind til isolering med lavere klassifikation end B-s1,d0 eller ind i massivt materiale over 300 kg/m³ og klassifikation D-s2,d0, skal udføres med en brandhæmmende forfradåse. (Bilag 1a, afsnit 4.10.1)(KAISER 2024)

I DBB anvendes dokumentation ofte efter EU-kommissionens beslutning. (European Commission 2014a)

Konstruktionens komponenter	Krav indvendigt	Krav udvendigt
Bemærkninger: Der er kommisionsbeslutninger, der klassificerer de fleste træoverflader, vedrørende K1-10 og D-s2, d2. Krav gælder også R30. EI60 bygningsdele har altid K1-10 B-s1,d0 eller bedre	Overfladekrav er minimumskrav og relaterer til alle overflader inklusiv vægge, skillevægge, lofter. (Undtaget gulv).	Overfladekrav er minimumskrav og relaterer til alle overflader på ydervæggene. D.v.s. vindspærre og -puds eller anden uventileret beklædning
Ved vindspærre med densitet større end 300 kg/m³ og isolering D-s2, d2 – eller bedre og regnskærm K1-10 D-s2, d2 - eller bedre	K1-10 D-s2, d2 eller Beklædningsklasse 2	Ingen
Ved vindspærre med densitet mindre end 300 kg/m³ og isolering D-s2, d2 eller bedre og regnskærm K1-10 D-s2, d2 - eller bedre	K1-10 D-s2, d2 eller Beklædningsklasse 2	K1-10 D-s2, d2 eller Beklædningsklasse 2
Ved isolering D-s2, d2 eller bedre og regnskærm ringere end K1-10 D-s2, d2	K1-10 D-s2, d2 eller Beklædningsklasse 2	K1-10 B-s1, d0 eller Beklædningsklasse 1
Ved isolering er ringere end D-s2, d2	K1-10 B-s1, d0 eller Beklædningsklasse 1	K1-10 B-s1, d0 eller Beklædningsklasse 1

Tabel 2 *Viser de kombinerede brandinddæknings- & overfladekrav der gør sig gældende. De lilla mærkerede felter er krav, der anvendes i denne byggevejledning, mens de grå er krav, der ikke er anvendt, fordi de ikke er aktuelle for konstruktionerne i denne byggevejledning.*

Overfladekrav til tag – BRoof(T2)

Overfladekravet til tagkonstruktionen er BRoof(T2). Det er selve tagbeklædningen, der har opnået denne klassificering ved brandprøvning.

Det er vigtigt at være opmærksom på, at visse tagbeklædninger kun opfylder BRoof(T2), hvis de monteres på et bestemt underlag. Her skelnes der mellem underlagets densitet og dets brandmodstandsevne – i dette tilfælde typisk undertaget.

En række tagbeklædninger er dog omfattet af en kommissionsbeslutning fra EU, som fastlægger deres BRoof(T2)-klassificering uden yderligere krav til underlaget. (Kommissionen 2014)

BRoof(T2)-kravet udgør et fundamentalt vilkår i hele CfBB-typologien og bør derfor altid være sikret tidligt i projekteringen.

Krav i BR18 og SBI-anvisninger til dem

Bygningsreglementet (BR18) kræver, at byggeri udføres uden risiko for skadelig kondens eller fugtophobning (BR18 §334–335). Der stilles krav til bygningens lufttæthed (maks. 1,0 l/s pr. m² ved 50 Pa) (BR18 §263), men ikke til specifik placering eller type af dampspærre eller dampbremse.
AAU's anvisninger supplerer med konkrete tekniske principper. De anvender ordet dampspærre:
Dampspærren skal placeres på den varme side af isoleringen, være luft- og damptæt i hele fladen og indgå i bygningens tætte klimaskærm. Hvis dampspærren har en z-værdi over 50 MN·s/g, anbefales et 1:10-forhold i diffusionsmodstand mellem dampspærren og den udvendige vindspærre for at sikre udtørring mod den kolde side. Hvis z-værdien er under 50 MN·s/g, skal der udføres en fugtvurdering (Brandt, 2013, SBi-anvisning 224).

Fugttekniske strategi

I De Biobaserede Byggevejledninger har vi arbejdet ud fra 2 grundlæggende fugttekniske principper der tager udgangspunkt at alle konstruktioner følger BR18's nuværende anbefalinger for fugtanvendelsesklasse 3.:

1. Overholdelse af gældende anvisninger
Hvis dampspærren har en z-værdi over 50 MN·s/g, anvendes et minimumsforhold på 1:10 mellem damptæthed i den udvendige vindspærre og den indvendige fugtbremse. Hvis den er under 50 MN·s/g skal der udføres en fugtteknisk vurdering.

2. Fugtteknisk risikovurdering
Vi har udført fugtteknisk vurdering på alle konstruktioner. Vi har taget udgangspunkt i den tyske standart DIN 4108 - tilføjet parametre svarende til danske standarter, lovgivning og klima. Ligeledes har vi anvendt en systematik hvormed vi har kunne arbejde dynamisk i vores innovationsproces. Læs mere i afsnittet *Den Trinvise FugtRisikovurdering*

Overholdelse af gældende anbefalinger

Fugt i bygninger som diskurs

Fugtvandring i bygninger har fået stigende opmærksomhed i det seneste årti. Biobaserede materialer fylder mere, og de kræver en anden forståelse af fugt. Materialerne er hygroskopiske. De optager og afgiver fugt, og det ændrer fugtbalancen i konstruktionerne.
Forskere undersøger i øjeblikket, hvordan disse egenskaber påvirker fugthåndtering i praksis. De arbejder med både feltmålinger og teoretiske modeller. Én pointe står tydeligt: Tætte samlinger er afgørende for konstruktionens holdbarhed.

I De Biobaserede Byggevejledninger følger vi en konservativ tilgang men læner os op af nye metoder. Vi følger BR18 og dimensionerer alle konstruktioner til fugtanvendelsesklasse 3. Klassen forudsætter høj fugtbelastning og ukendt beboersammensætning. Den gør samtidig bygningen egnet til udlejning uden konflikt med forsikring. Vi følger forskningen tæt og afventer den konsensus, der kan føre til revideringer af de tilknyttede SBI-anvisninger (Bygningsreglementet 2018).

1:10-reglen – dokumenteret dampmodstand

Alle konstruktioner i vejledningen overholder anbefalingen om et minimumsforhold på 1:10 mellem den udvendige og den indvendige del af tæthedsplanet. Anbefalingen gælder dog ikke, når en dampspærre har en Z-værdi under 50 MN·s/g. Kun når dampbremsens Z-værdi er over 50 MN·s/g, får den dokumentationsmæssig betydning. I disse tilfælde anvises der, at dampbremsen eller dampspærren skal have en Z-værdi, der er mindst ti gange højere end den udvendige vindspærre eller den yderste flade i konstruktionen. Det kan være en uventileret pudset overflade eller en pladebeklædning. (Brandt, 2013, SBi-anvisning 224)
Reglen sikrer, at dampdiffusionen i konstruktionen ikke skaber fugtproblemer, ved at mindske risikoen for kondens og opfugtning i konstruktionen.

Samlinger og tæthed

Der er bred enighed om, at samlingerne skal være tætte. Derfor prioriterer vi et konstruktivt design, der understøtter:
– tætte samlinger med fast og kontinuerligt underlag under alle overlæg.
– installationszoner, hvor teknik føres uden gennembrydning af dampbremsen.
– brug af plademateriale frem for folier, når det er muligt. Plader giver større mekanisk holdbarhed over tid.

Fugtteknisk risikovurdering – mellem videnskab og praksis

Der er bred enighed i forskningsmiljøerne om, at langtidsmålinger på fuldskala forsøgsopstillinger er den mest pålidelige metode til at vurdere bygningers holdbarhed i forhold til fugtvandring. Forskere er dog uenige om, hvor længe målingerne skal løbe for at være metodisk valide. De grundigste hypoteser peger på måleperioder på op mod ti år for at opnå tilstrækkelig dokumentation.
Feltstudier af eksisterende bygninger giver nyttig viden om, hvordan konstruktioner sandsynligvis har opført sig i praksis. Der er mange tegn på, at flere løsninger har klaret sig fornuftigt. Alligevel forbliver vurderingen et kvalificeret skøn, fordi fugtniveauer og brugsmønstre sjældent er målt systematisk over tid.
Når det gælder fugtanvendelsesklasse 3, kan feltdata ikke anvendes som dokumentation. Klassen forudsætter en konstant høj fugtbelastning, som ikke findes i almindelige boliger. Der findes derfor ingen sammenlignelige erfaringer at basere vurderingerne på.
I De Biobaserede Byggevejledninger samarbejder vi med forskningsmiljøer og forsøgsopstillinger, så vi kan justere vores praksis i takt med ny viden. Vi må dog – som alle andre aktører i byggeriet – acceptere, at næsten alt nybyggeri i dag udføres på baggrund af risikovurderinger.

Vores tilgang hviler på ét standpunkt: Risikovurderingsmetoder skal være alment tilgængelige – også for små og mellemstore aktører. Vi har derfor udviklet en metode, der er både konservativ og praktisk. Den placerer resultaterne i den kritiske og sikre ende. Samtidig er metoden så enkel, at flere professionelle i biobaseret byggeri kan efterprøve og videreudvikle den.

Et kritisk og praktisk anvendeligt udgangspunkt

Vi vurderer, at fordelene ved at vælge et kritisk og konservativt udgangspunkt i vores risikovurderingsmetode langt overstiger ulemperne. Når vi lægger os i den sikre ende, får vi et tydeligere grundlag for at argumentere for metodens resultater. Det styrker både troværdigheden og den praktiske anvendelighed af vejledningen.
Dette metodiske valg har ikke givet begrænsninger i praksis. Vi har kunnet få alle konstruktioner til at fungere inden for metodens rammer uden at fravælge løsninger på grund af dokumentationskrav.

Vi har dog mødt enkelte anomalier. Det er konstruktionsprincipper, der ikke kan dokumenteres med gængse modelleringsværktøjer, men som fungerer i praksis. Ét eksempel er en væg af ler, halm og kalkpuds. Den har bestået brandprøver og er i drift i eksisterende byggeri. Alligevel viser den et næsten omvendt dampforhold i forhold til tæthedsplanet, og ingen af de etablerede simuleringsprogrammer kan få konstruktionen til at virke på papiret.
Sådanne tilfælde viser, at modeller og virkelighed ikke altid følges ad. De understreger behovet for at udvikle mere præcise metoder til risikovurdering af fugt – både i biobaseret byggeri og i konventionelt byggeri.

Hvorfor vi kun bruger betegnelsen dampbremse ?
I byggevejledningerne anvender vi konsekvent betegnelsen dampbremse – også for materialer med høje z-værdier. Træbaserede materialer er hygroskopiske og kan optage og afgive fugt. Det gør dem i stand til at bidrage til fugtreguleringen i konstruktionen, selv når deres z-værdi ligger i et tæt interval.
Eksisterende anvisninger vurderer primært materialerne ud fra diffusionsmodstand og indregner endnu ikke de hygroskopiske effekter. I vores vejledninger beskriver vi derfor materialernes funktion i praksis og deres rolle i den samlede fugtbalance.

Vores definition af en dampbremse
Vi definerer en dampbremse som den indvendige del af tæthedsplanet, der begrænser fugttransport ved diffusion, så der ikke opstår skadelig kondens eller fugtophobning i konstruktionen. og samtidig understøtter konstruktionens hygroskopiske egenskaber.

Hvad er z-værdi, og hvordan udregnes den?
Z-værdien angiver, hvor stor modstand et materiale yder mod vanddamps diffusion. Den bruges til at vurdere materialets tæthed og opgives i $m^2 \cdot s \cdot Pa/kg$.
Z-værdien beregnes som:
$z = \mu \times d$
hvor μ er diffusionsmodstandstallet (enhedsløst), og d er materialets tykkelse i meter.
En høj z-værdi betyder høj dampmodstand, som man ser ved dampspærrer. Materialer som træfiber og mineraluld har lave z-værdier og er diffusionsåbne. Angivelser i $GPa \cdot s \cdot m^2/kg$ sidestilles med $MN \cdot s/g$.
Densiteten påvirker ikke dampmodstanden, men har betydning for pladens styrke og brandtekniske egenskaber.

Den Trinvise FugtRisikovurdering
-*DIN 4108... med parametre fastsat efter dansk lovgivning*

FUGT-Risikovurdering til innovation

Risikovurderingsmetoden, som anvendes i De Biobaserede Byggevejledninger, er udviklet med fokus på teknisk validitet, praktisk anvendelighed og adgang for små og mellemstore aktører.
Den er bygget op som en trinvis analyse, hvor man starter med enkle og afprøvede beregningsmetoder og kun bevæger sig videre til mere komplekse vurderinger, hvis det er nødvendigt.

Metoden tager afsæt i den tyske standard DIN 4108 og er tilpasset danske forhold gennem samarbejde med forskningsmiljøer. Den er især udviklet og kvalificeret i tæt samarbejde med Kristoffer Negendahl, lektor ved DTU Construct, som har været en central drivkraft i metodens faglige og strukturelle udformning.

Metoden er særligt tilpasset fugtanvendelsesklasse 3, og derfor vurderes alle konstruktioner under vådrumslignende belastning, uanset deres faktiske placering i byggeriet. Vådrum ligger et niveau oppe i fugtanvendelsesklasse 4. På den måde tilpasses vejledningen en konservativ tilgang, der sikrer høj robusthed – også ved udlejning eller i ukendte brugssituationer.

Trin 1
Trin 1 består i en simpel fugtdiffusionsberegning under vinterforhold. Hvis konstruktionen klarer sig tilfredsstillende, går man videre til trin 2. Hvis ikke, forsøges ændringer i trin 4.
Trin 2
I trin 2 vurderes konstruktionen under sommersituationens forhold. Klarer den sig, går man videre til trin 3. Hvis ikke, går man til trin 4.
Trin 3
Trin 3 er en udvidet DIN 4108-analyse med vådrumsbetingelser (Fugtanvendelsesklasse 4). I vores metode udfører vi denne vurdering på alle konstruktioner for at sikre, at konstruktionen med sikkerhed klarer de krav, der stilles i Fugtanvendelsesklasse 3.
Trin 4
Hvis konstruktionen ikke klarer sig i trin 1–3, gennemgår man i trin 4 et optimeringsforløb, hvor ændringer i materialevalg, placering af dampbremse, tykkelser eller opbygning af konstruktionen genarbejdes Formålet er at finde en version af konstruktionen, der kan bestå trin 1–3 uden at bevæge sig in i et grænseområde.
Trin 5
Trin 5 er en dynamisk, numerisk analyse simulerende flere år – og anvendes kun, hvis optimering ikke er mulig. Den forudsætter specialiseret simuleringsværktøj.

En mulig ulempe ved metoden er, at den som samlet metode er relativt ny i Danmark, og det kræver en vis faglig specialisering at vurdere dens validitet. Til gengæld relaterer metoden direkte til tysk-standarder og er bygget op, så den kan benyttes af små og mellemstore rådgivere virksomheder og ligeledes er den dynamisk og egnet til innovationsprocesser som denne.

For at sikre faglig efterprøvelse deltager vi i et forskningsprojekt, hvor metoden valideres op imod numeriske simuleringer og fuldskala laboratorietests med konstruktioner fra De Biobaserede Byggevejledninger.

Hvad er DIN 4108 ?

DIN 4108 – Varmebeskyttelse og energibesparelse i bygninger
Standardserien DIN 4108 fastlægger krav, definitioner og beregningsmetoder for bygningers klimaskærm med fokus på varmeisolering, der reducerer energitab, fugtbeskyttelse, der forebygger skader fra kondens og opfugtning, samt indeklima, der sikrer komfort og sundhed (DIN 4108-3, 2018).
Den del af serien, der anvendes mest i fugttekniske vurderinger, er DIN 4108-3: “Klimaskærm – Beskyttelse mod fugt ved kondensation inde i konstruktioner”. Den beskriver, hvordan man beregner risikoen for kondens i en konstruktion, blandt andet med Glaser-metoden. Standarden opstiller også kriterier for, hvor meget kondens der må dannes, og hvordan konstruktionen skal kunne tørre ud igen (DIN 4108-3, 2018).

Z-værdi-forhold

Ifølge anvisningerne til BR18 anbefales det, at fugtanvendelsesklasse 3 har et forhold på minimum 1:10 mellem vindspærrens og dampbremsens Z-værdi. Dette gælder kun, hvis damspærren har Z-værdi over ca. 50 MN·s/g: Hvis den er under- kan 1:10-reglen ikke anvendes, og der skal udføres en fugtrisikovurdering.

Alle konstruktionerne i DBB opfylder Z-værdi-forhold
Men vi har kun anvendt dampbremse med en Z-værdi under ca. 50 MN·s/g. Derfor har vi ikke anvendt 1:10-reglen som dokumentation, men i stedet udført en fugtrisikovurdering.
Vi har ikke fundet nogle krav eller fortilfælde, hvor der er taget stilling til z-værdi-forhold i terrændæk. Vi har vurderet, at det er relevant ved hævede terrændæk. Her har vi foretaget en fugtrisikovurdering. I tilfælde, hvor terrændæk enten ligger ned til eller i terræn, forholder vi os til normal praksis, hvor vi ikke tager stilling til z-værdi-forhold.

Resultater fra den trinvise risikovurdering

Alle konstruktioner i DBB har bestået risikovurderingen.
Det gælder både i scenarier med varm sommer efterfulgt af kold vinter og i et tænkt scenarie, hvor hele bygningen udsættes for fugt svarende til fugtklasse 4 (vådrumsniveau) uden vådrumssikring og uden lovpligtig ventilation.

Biobaserede materialer har hygroskopiske egenskaber, som i praksis hjælper konstruktionerne med at håndtere fugt. Beregningerne medregner ikke disse egenskaber. Man kan derfor forvente endnu bedre resultater ved en egentlig 1:1-prøvning.

Forbehold ved ekstreme forhold

Vi har anvendt det tænkte scenarie – et helt hus i fugtklasse 4 uden vådrumssikring og uden lovpligtig ventilation – som konstruktionernes stresstest. Testen peger på fem forhold, som vi anbefaler at undersøge nærmere for at vurdere mulighederne for at forbedre konstruktioner, der efter vores vurdering allerede er sundere end standardbyggeri.

Tyndt isolerede ydervægge og tag

BR18 angiver en absolut minimumsisolering for bygningsdele. I praksis isolerer man sjældent så lidt, fordi bygningens energirammeberegning normalt kræver et højere isoleringsniveau. I stresstesten isoleres en bygningsdel helt ned til BR18's minimum på 0,25 W/(m²K). Samtidig udsættes bygningen for konstant luftfugtighed svarende til vådrum uden vådrumssikring og uden ventilation. De resulterende beregninger viser høj risiko for kondens i tre konstruktioner: halmydervæg, halmtag og hampydervæg.

Tynd isolering af terrændæk på isolerende dræn med skruefundament

Beregningerne i stresstesten viser en middel risiko for kondens i terrændæk på isolerende dræn med skruefundament. Selvom scenariet er meget teoretisk, anbefaler vi i disse tilfælde at holde isoleringsevnen inden for BR18's normale krav på 0,15–0,17 W/(m²K).

Lovpligtig ventilation ved tætte fugtspærrer

Når man bygger med meget tætte dampspærrer, opstår der fugt i bygningens rum. BR18 fastsætter derfor klare krav til ventilation for at undgå kondens på indersiden af dampspærren. Halmydervæggen anvender en dampbremse, som er tættere end i andre konstruktioner. Det giver ikke problemer i sig selv. Men i stresstesten – fugtklasse 4 uden ventilation – ser vi middel risiko for kondens på indersiden af dampbremsen. Det er forventeligt i alle konstruktioner med dampspærre eller en meget tæt dampbremse. Vi må derfor understrege, at BR18's ventilationskrav skal overholdes.

Holdbarhed

Konstruktiv og kemisk træ-& materiale beskyttelse

Konstruktiv og kemisk træ- og materialebeskyttelse

DBB anvender almindelige principper for konstruktiv og kemisk træ- og materialebeskyttelse. De fleste principper indgår naturligt i konstruktionerne og fremgår direkte af tegningerne. Vi beskriver dem derfor ikke særskilt.
Nogle forhold kræver dog særlig opmærksomhed. Vi gennemgår dem i dette afsnit, fordi de ikke kun vedrører fugtstabilisering af det enkelte konstruktionselement. De har også betydning for konstruktionens samlede holdbarhed og i nogle tilfælde dens statiske funktion.
Afsnittet omhandler derfor både beskyttelse mod nedbrydning, forlænget levetid og enkelte statiske overvejelser om materialevalg og udformning.

Ventileret regnskærm – vores tanker

Vi anvender almindeligt anerkendte principper for ventilerede regnskærme. Det indebærer blandt andet, at der bag udvendige træbeklædninger eller andre regnskærme etableres en ventileret luftspalte med en anbefalet minimumstykkelse på 20 mm. Ved tagflader anbefales en spalte på minimum 25 mm (Træinfo 2025)
I vægkonstruktioner har ventilationsspalten ofte en dobbeltfunktion. Da vi ofte anvender tykkere vindspærrer, er det ventilationssystemet, der samtidig bærer regnskærmen. Dette gøres ved hjælp af et såkaldt sømbræt – typisk et 25 × 100 mm bræt – som både sikrer ventilation og fungerer som underlag for fastgørelse af regnskærmen. Principperne kaldes indirekte fastgørelse (Træinfo 2025)
Der stilles ikke formelle krav til, at ventilationsbrædder i vægkonstruktioner skal være gennemimprægnerede (trykimprægnerede eller Superwood), men vi anbefaler det, især når der anvendes ikke-biobaserede vindspærrer som f.eks. vindgips. Biobaserede vindspærrer har derimod hydrostatiske egenskaber, hvilket vil sige, at de kan transportere fugt i flydende form gennem materialet og dermed bidrage aktivt til udtørring og fugtregulering i konstruktionen.

Tag – vores tanker

Vi arbejder konsekvent med uventilerede tage, hvor vi anvender diffusionsåbne undertagsplader i halvfast eller fast kvalitet. Isoleringen føres helt op mod undertaget og har direkte kontakt med det. Det giver en samlet, diffusionsåben opbygning. I denne opbygning har materialernes hydrostatiske evne stor betydning, fordi den understøtter transporten af fugt væk fra konstruktionen.
I Træinfo og SBI anbefales det, at ventilationslister i tagkonstruktioner er gennemimprægnerede. Anbefalingen bygger på ældre materialevalg og tager endnu ikke højde for nyere biobaserede materialer med hydrostatiske egenskaber, som i praksis kan optage, fordele og afgive fugt på en kontrolleret måde.

Hvad er indirekte sømning af regnskærm?

Ved indirekte sømning erstattes traditionelle afstandslister med et bærende element – enten et sømbræt på 25 × 100 mm eller en sømlægte på 38 × 56 mm. Begge løsninger sikrer både ventilation og stabil montering af regnskærmen.
Sømbrættet eller sømlægten fastgøres gennem vindspærren og ind i stolpekonstruktionen med ringede søm eller skruer, der skal være minimalt dobbelt så lange som summen af tykkelsen på sømbrættet og vindspærren.
Ved vandret montering, fx som underlag for lodret regnskærm, skal sømbrættet eller lægten hvile på en lodret afstandsliste. Denne skal have en minimumstykkelse på 12 mm, men 20 mm anbefales for at sikre effektiv ventilation bag beklædningen.

Hvad er gennemimprægneret træ?

Gennemimprægneret træ er træ, der er behandlet, så beskyttelsen trænger helt ind i materialet og giver varig modstandsdygtighed mod råd, svamp og skadedyr – også ved direkte kontakt med jord og fugt.
Denne kategori omfatter traditionelt trykimprægneret træ. Hvor naturligt holdbare træsorter som eg og robinia, har en iboende resistens og kan derfor også anvendes i direkte kontakt med jord.
Træsorter som lærk, douglasgran, cedertræ og modificerede produkter som Superwood, OrganoWood og ThermoWood har gode egenskaber til udvendig beklædning og regnskærme, men de kan ikke bruges ved jordkontakt.
Af disse har lærk, douglas og Superwood en styrke, der vil kunne bruges til sømlister

Vi har alligevel valgt at være konservative og anbefaler derfor fortsat gennemimprægnerede ventilationssystemer i tagkonstruktioner.
Som i vægopbygninger arbejder vi ofte med tykkere undertagsmaterialer og anbefaler derfor indirekte sømning.

Uudnyttede tagrum

Begrænsninger i brug og opbevaring

Uudnyttede tagrum indarbejdes ikke i byggevejledningerne. Årsagen er, at sådanne loftrum sjældent kan anvendes ikke end gang til opbevaring. Fugt og store temperatursvingninger giver let skimmel på genstande, og konstruktionen kan derfor ikke betragtes som egnet til stabil opbevaring.

Risiko ved senere ombygning til beboelse
Hvis man senere ønsker at inddrage tagrummet til beboelse, opstår der ofte kolde skunkrum. Disse giver høj risiko for skimmel, og en korrekt ombygning vil næsten altid kræve, at store dele af den underliggende loftkonstruktion åbnes for at sikre dampspærrens eller dampbremsens kontinuerlige tæthed. Det øger både kompleksiteten og omkostningerne betydeligt.

Krav fra forsikringsselskaber ved solcelleanlæg
Flere forsikringsselskaber begynder desuden at stille krav om ikke-brændbar isolering i uudnyttede loftrum, når der etableres solcelleanlæg på taget. Dette gør løsningen endnu mindre hensigtsmæssig i praksis. Samlet set vurderer vi derfor, at det er en fordel at føre klimaskærmen helt til kip fremfor at etablere uudnyttede tagrum.

Brandkrav til isolering i uudnyttede tagrum
Brandkravene afhænger af, om isoleringen indgår i konstruktionen eller ligger løst.
– Indbygget isolering: Indgår isoleringen i vægge eller lofter – fx i skrå tagflader – må materialer ringere end D-s2,d2 kun anvendes, hvis de er fuldt afdækket med K1 10/B-s1,d0 uden hulrum eller af en bygningsdel mindst EI 30, så isoleringen ikke kan påvirkes direkte af brand (Bilag 1a, 4.11.3.2).

Løstliggende isolering på etageadskillelsen
Ligger isoleringen løst oven på etageadskillelsen, må materialer ringere end D-s2,d2 gerne anvendes, forudsat at etageadskillelsen mod beboelsen er mindst EI 60/A2-s1,d0, og at brandadskillende vægge føres op til undersiden af tagdækningen (Bilag 1a, 4.11.3.1).

Hvad er Indirekte sømning af taglægter?

I De Biobaserede Byggevejledninger (DBB) anvendes indirekte sømning af taglægter. Dette skyldes, at de valgte undertagsplader ofte er tykkere end normalt og derfor kræver en anden fastgørelsesmetode end traditionelle afstandslister.
I stedet for afstandslister anvendes en sømliste på 32 × 45 mm under lægterne. (Munch-Andersen & Lund Johansen 2011). Sømlisten fastgøres til spærene med skruer monteret i 30° skrå vinkel nedad. På grund af den skrå skrueretning bør skruerne være 2,25 gange længde af sømlisten og undertaget tilsammen. Denne skrå fastgørelse sikrer, at sømlisten ikke forskyder sig, selv hvis undertagspladerne svinder over tid. Lægterne monteres ovenpå sømlisten som normalt, med to ringede søm pr. fastgørelse.

Hvordan anvender vi gennemimprægnering og hydroskopiske egenskaber ?

På taget anviser Træinfo og SBI, at afstandslister og sømlister skal være gennemimprægnerede. Det krav bør følges og kan opfyldes med trykimprægneret træ, lærk, douglasgran eller Superwood.
På væggene gælder andre forhold. Biobaserede vindspærrer og undertage har hygroskopiske egenskaber, som betyder, at de optager og afgiver fugt. Egenskaben stabiliserer fugtniveauet i sømbrædder og afstandslister ved at fordele fugten over hele vindspærrefladen.
Under ydervæggens regnskærm findes der ingen formelle krav til gennemimprægnerede afstandslister og sømbrædder. Når de bruges sammen med hygroskopiske vindspærrer, kan de i praksis udføres i almindelig, udebestandig gran.

Energiløsninger til nye enfamiliehuse og rækkehuse

Energiløsninger
overvejelser om enfamiliehuse og rækkehuse

Vejledningen fokuserer på konstruktioner, men vi giver her et samlet overblik over energiløsninger, der er stabile, langtidsholdbare og velegnede til nye enfamiliehuse og rækkehuse. De økonomiske vurderinger bygger på danske erfaringsdata for varmeproduktion, ventilation og elforbrug (Energistyrelsen, 2024). Tallene er realistiske overslag og ikke præcise beregninger.

Enfamiliehuse

Til nye enfamiliehuse vurderer vi en løsning med solceller (PV), husbatteri, jordvarmepumpe (GSHP) og ventilation med varmegenvinding (MVHR) som en af de mest driftssikre.
Jordvarmen udnytter jordens stabile temperatur og giver en høj årsvirkningsgrad. Det er veldokumenteret i målinger i nyere danske byggerier (Teknologisk Institut, 2023). Et solcelleanlæg på 8–10 kWp kombineret med et batteri på 8–10 kWh dækker en stor del af husets elforbrug. Bygningsintegrerede solceller (BIPV) er relevante, når man ønsker et roligt og sammenhængende arkitektonisk udtryk, og pris og ydelse ligger tæt på traditionelle paneler (EA Energianalyse, 2023).

Økonomi, CO_2 og selvforsyning i enfamiliehuse

Merinvesteringen i forhold til et hus med fjernvarme uden solceller ligger normalt på 180.000–220.000 kr. Beløbet dækker primært jordvarmepumpe, solceller og batteri. De årlige energibesparelser ligger omkring 16.000–20.000 kr. og giver en tilbagebetalingstid på 10–14 år (EUDP, 2022).
Et enfamiliehus med denne løsning sparer typisk 1–1,5 ton CO_2 om året ved at reducere varmeforbrug, elforbrug og køb af strøm (Energistyrelsen, 2024). Over 50 år svarer det til 50–75 tons CO_2. Den samlede økonomiske gevinst ligger normalt på 550.000–750.000 kr., selv med udskiftning af inverter og batteri (EUDP, 2022). Selvforsyningsgraden ender typisk på 85–90 procent, og huset vil i store dele af året være næsten selvkørende.

Integrerede løsninger i enfamiliehuse

Enfamiliehuse giver mulighed for at indbygge energisystemet direkte i huset. Solceller kan fungere som tagmateriale. Ventilation kan skjules i konstruktionen. Batteriet kan placeres i et teknikrum. Denne type integreret design efterspørges ofte i projekter, hvor arkitektur, enkelhed og lave driftsomkostninger har høj prioritet (EA Energianalyse, 2023).

Rækkehuse

Rækkehuse kan bruge samme energiløsning som enfamiliehuse, men forskelle i organiseringen giver lavere anlægspriser. Jordvarmen etableres typisk som et fælles jordvarmefelt, mens hver bolig får sin egen jordvarmepumpe. Fællesfeltet reducerer anlægsprisen og udnytter jorden mere stabilt (Teknologisk Institut, 2023).
Rækkehuse har ofte mindre tagareal pr. bolig. Et fælles solcelleanlæg kan derfor være mere effektivt. Produktionen fordeles via individuelle måleporte i inverteren, så hver bolig kun modtager sin egen andel (EA Energianalyse, 2023). Ventilationen er fortsat individuel med MVHR, men ens boliger gør installationen enkel og standardiseret (Energistyrelsen, 2024).

Økonomi, CO_2 og selvforsyning i rækkehuse

Merinvesteringen pr. bolig er lavere end i enfamiliehuse, fordi jordvarmefelt og solceller deles. Selvforsyningsgraden ligger typisk på 80–90 procent afhængigt af tagareal og batteri. Den årlige CO_2-besparelse er 0,8–1,3 ton, svarende til 40–65 tons over 50 år (Energistyrelsen, 2024). Tilbagebetalingstiden er omtrent som i enfamiliehuse, men investering og elproduktion pr. bolig er lavere.

LivingBetter som alternativ

LivingBetter bruger et passivt ventilationsprincip, hvor udeluften forvarmes i vinduet. Systemet kræver ingen ventilationskanaler og passer til små boliger, fritidshuse og renoveringer, hvor enkelhed er vigtig (Energistyrelsen, 2024). Varmegenvindingen er dog lavere end i MVHR-anlæg, og løsningen anbefales derfor ikke i større boliger eller rækkehuse med fælles installationer.

Elbil som del af energisystemet

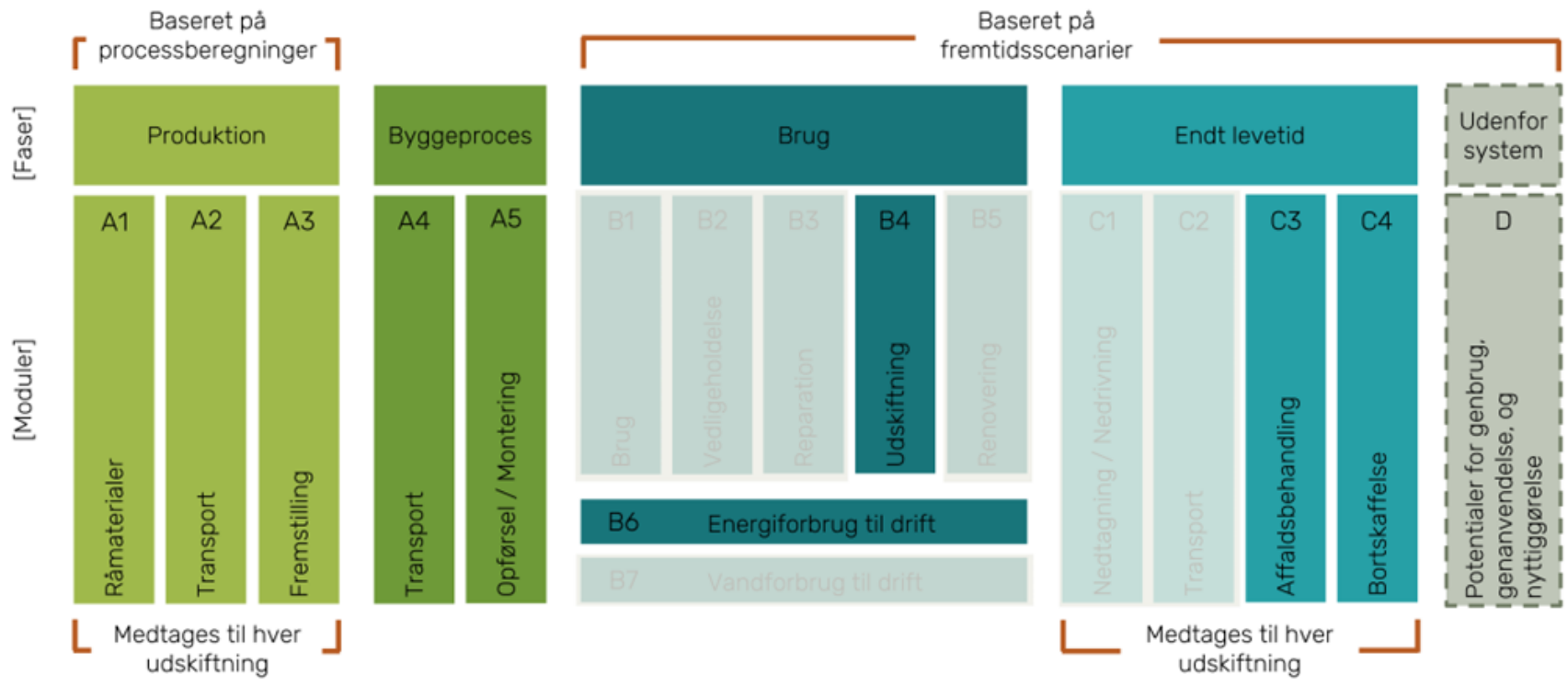
En elbil indgår naturligt i energisystemet. Ved 15.000 km årligt sparer den typisk 9.000–11.000 kr. i drift sammenlignet med en benzinbil, især når opladningen dækkes af egen solproduktion (FDM, 2024). CO_2-udledningen reduceres med 1,5–2 ton om året – 37–50 tons over 25 år – og elbilen øger selvforsyningsgraden ved at flytte opladningen til solrige timer.

LCA
Følger europæisk standart (BR18)

Livscyklus udregningsmetode

LCA-beregningerne er udført af LavKarbonBygg AS med Reduzer LCA-software i overensstemmelse med EN 15978 (CEN, 2011), som også ligger til grund for de krav, der henvises til i Dansk Bygningsreglement BR18. Metoden omfatter materialernes samlede livscyklus fra udvinding af råstoffer til endelig affaldsbehandling, mens energiforbrug og vand i driftsfasen behandles særskilt i Bygningsreglementet.
Som supplement vises faserne A4–A5 som grå, vejledende tal i tabellerne. Beregningerne tager udgangspunkt i en projektlokation i Århus.

Inddragede faser
A1–A3: Produktstadie – råstofudvinding, transport til produktion og produktion.
A4–A5: Byggepladsstadie – transport til byggeplads og opførelse (vist som grå, indikativ værdi).
B4–B5: Udskiftning og reparation.
C1–C4: End-of-life – nedtagning, transport, affaldsbehandling og deponering/forbrænding.
D: Uden for systemgrænse – kreditter ved genbrug, genanvendelse eller energiudnyttelse.
Udeladte faser
B1–B3 og B6–B7: Drift, energi, brug og vedligehold håndteres gennem BR18's energirammer (Bolig- og Planstyrelsen, 2025).
B8–B9: Driftsvand og øvrige hjælpesystemer indgår ikke.



Kilde: (BUILD, 2025)

Levetider
Alle levetider er baseret på AAU-Builds levetidstabel (Haugbølle et al., 2021; AAU-Build, 2025) for at sikre sammenlignelighed i branchen. Producenternes egne levetidsangivelser fra European Technical Assessment (ETA) og EPD'er kan anvendes, men vi har valgt at nedjustere levetiderne i overensstemmelse med AAU-Builds tabel. Selv om vejledningen beskriver generelle principper, er vores LCA-beregninger udført på konkrete materialer, og resultaterne vil derfor variere afhængigt af den specifikke byggeproces.

Forbehold
Beregningerne er udført pr. m^2 for fem konstruktionsdele: fundament (kant), fundament (skillevæg), ydervæg, skillevæg og tag. Der er ikke udarbejdet en samlet LCA for et helt hus, og derfor indgår B6: Energiforbrug i drift ikke i resultaterne. Beregningerne omfatter heller ikke vinduer og døre.
Alle LCA-data er baseret på EPD'er for de anvendte produkter i konstruktionerne. Vi har overvejende benyttet produktspecifikke EPD'er, men enkelte generiske EPD'er for eksempelvis trævarer og lerpuds. I få tilfælde har vi været nødt til at substituere produkter, hvor der ikke fandtes en tilgængelig EPD.
For tagkonstruktioner har vi anvendt BUILD's levetider for biobaseret isolering, hvilket indebærer én udskiftning efter 40 år. Vi forventer, at denne levetid justeres til 50 år; når det sker, vil LCA-resultaterne for disse konstruktioner forbedres med cirka 1/5.
Isoleringstykkelser: Den korrekte LCA-værdi er baseret på middeltykkelsen. Værdierne for de slankere og tykkere versioner af konstruktionerne viser udelukkende forskellen i klimaaftryk fra isoleringen alene og omfatter ikke ændringer i øvrige konstruktionsdele som trærammer eller pladelag.

Indledende estimat af LCA i projektering

Dette er et forsigtigt estimat af, hvordan DBB's tre konstruktioner – Halm, Træ og Hamp – kan forventes at klare sig i forhold til klimakravene i BR18 og anbefalingerne i Reduction Roadmap. Estimatet bygger på gennemsnitsberegninger af bygningsdele (A1-3, B4, C3, C4) og ikke på et færdigt byggeri.

Referenceprojekter
Fire præstigeprojekter fra 4 til 1 planet bruges som reference. De ligger omkring 2,8 kg CO_2e/m^2 for bygningsdele og cirka 4,7 kg CO_2e/m^2/år på bygningsniveau. Vi har brugt dem som pejlemærker for byggerier med lave emissioner.

Foreløbige resultater for DBB
De indledende beregninger peger på ca. 3,0 kg CO_2e/m^2 for Halm og Træ og ca. 3,8 kg CO_2e/m^2 for Hamp. Med samme forhold som referenceprojekterne svarer det til ca. 5,0 kg CO_2e/m^2/år for Halm og Træ og ca. 6,4 kg CO_2e/m^2/år for Hamp. Tallene er foreløbige, da installations- og energivalg endnu ikke er fastlagt.

Bedste kombinationsløsning
En kombination af de bedst præsterende konstruktioner fra alle fire DBB-byggevejledninger peger på et bygningsdelsniveau omkring 2,3 kg CO_2e/m^2, svarende til cirka 3,9 kg CO_2e/m^2/år på bygningsniveau.

Vurdering af konstruktionerne
Halm og Træ vurderes at kunne opfylde BR18's krav frem mod 2029 samt det anbefalede niveau i Reduction Roadmap. De fremstår som robuste, klimaeffektive løsninger.
Hamp forventes at kunne opfylde kravene i 2025 og 2027, mens 2029-niveauet sandsynligvis kræver yderligere optimering af fundament, installationer og energisystem. Det er hovedsageligt kalkproduktion der er årsag. Nye EPD'er, der indregner cirkulær genanvendelse mere præcist, kan forbedre vurderingen.

Samlet vurdering
Alle tre konstruktioner har et tydeligt potentiale i den cirkulære omstilling af byggeriet, men med forskellig robusthed og forskelligt behov for optimering. Den samlede tilgang viser, at DBB's mest klimaeffektive løsninger kan ligge 30–35 % under 2029-kravet, hvilket understreger potentialet i helhedsorienteret arbejde med biobaserede konstruktioner.

Isoleringstykkelser

Middeltykkelse
Vi har valgt at vise konstruktioner med en isoleringstykkelse, som – ved et vinduesareal på højst 20 % af det opvarmede etageareal – vil kunne
opfylde bygningsreglementets krav i en energirammeberegning. Denne tykkelse kalder vi middeltykkelsen, uanset hvilken bygningsdel der er tale om. Middelstykkelsen kan bruges til skitsering og pladsfordeling i projektet, men kan ikke anvendes som dokumentation i forbindelse med ibrugtagningstilladelsen. Her skal der altid udarbejdes en energirammeberegning (Bygningsreglementet BR18, kap. 11).

Minimumstykkelse
Bygningsreglementet angiver også en absolut minimumsisolering for de enkelte bygningsdele. Hvis der kan kompenseres for det andre steder i byggeriet, så den samlede energiramme fortsat overholdes, kan enkelte bygningsdele udføres med denne minimumstykkelse (Bygningsreglementet BR18, kap. 11).

Højisoleringstykkelse
I den mest isolerede udgave af konstruktionen er isoleringstykkelsen dimensioneret, så den opfylder kravene til BR18's frivillige lavenergiklasse (lavemissionsklasse) (Bygningsreglementet BR18, kap. 25).

Sommerhuse og lignende
I sommerhuse, campinghytter og lignende ferieboliger skal der ikke udarbejdes en samlet energirammeberegning. Her gælder i stedet faste minimumskrav til isolansen i de enkelte bygningsdele. I tabellerne har vi markeret disse krav med betegnelsen (SH), som står for sommerhus (Bygningsreglementet BR18, § 283).

Materialeliste

Materiale	Leverandør	Anvendelse	LCA A1-A3	Lambda værdi	Brand klasse	z-værdi
Agepan OSB4 TG-4 Ecoboard	Wennerth Wood Trading ApS	Fundament	-658		D-s2,d0	22,56
Amorim Isolerings Kork	Materials We Like ApS	Fundament	-2040.0	0.0390 W/(m·K)	E	
Conluto	Havnens hænder ApS	Ydervæg		0.9100 W/(m·K)	A1	0,05
EcoCocon Halm Element	EcoCocon Danmark ApS	Ydervæg	17.1	0.0645 W/(m·K)	E	2,15
Egger DHF	Havnens hænder ApS	Fundament	-584	0.1000 W/(m·K)	D-s2, d0	0,10
Egger OSB 4 Top	Havnens hænder ApS	Fundament	-805	0.1300 W/(m·K)	D-s2, d0	0,11
Fermacell Fibergips	James Hardie Denmark	Fundament og Ydervæg	0.458	0.3200 W/(m·K)	A1	0,8
Fermacell Gulvvarmeplade fibergips Therm 25	James Hardie Denmark	Fundament	-0.737	0.3200 W/(m·K)	A1	1,67
Glapor Filt	Materials We Like ApS	Fundament				
Glapor Granulat	Materials We Like ApS	Fundament	38.7	0.7800 W/(m·K)		
Glapor PG 600.3	Materials We Like ApS	Fundament	97.3	0.0520 W/(m·K)	A1	2051
Gramitherm Græsisolering	Havnens hænder ApS	Fundament	-4.97	0.0410 W/(m·K)	E	1,5
Hempcrete Granulat	Havnens hænder ApS	Fundament		0.0710 W/(m·K)	B, S1, d0	1,07
Hunton Nativo Træfiberisolering	Wennerth Wood Trading ApS	Fundament		0.0380 W/(m·K)	E	
Hunton Undertag	Wennerth Wood Trading ApS	Fundament		0.0450 W/(m·K)	F	2,30
Isohempblok Hempcrete	Havnens hænder ApS	Fundament		0.0710 W/(m·K)	B, S1, d0	1,3
Knauf Clima Board	Wennerth Wood Trading ApS	Fundament og Ydervæg	1.67	0.2100 W/(m·K)	A2-s1,d0	0,63
Krinner Skrue Fundament	Fremtidens Fundament ApS	Fundament	2.39	54.0000 W/(m·K)	A	
OSB 3 TG-2	Wennerth Wood Trading ApS	Fundament			D-s2,d0	18,8
Rødvig Juramørtel KKh 35/65/500	Havnens hænder ApS	Fundament og Ydervæg	1780	0.9000 W/(m·K)	A1	0,0195
Schleusner Lehm-Universalputz	Havnens hænder ApS	Ydervæg		0.9100 W/(m·K)	A1	0,36
Solitex Mento 3000	EcoCocon Danmark ApS	Fundament og Ydervæg			E	3,9
UKU Clay Marmorino	Small Planet smba	Ydervæg				
VestaEco FIBRA	Havnens hænder ApS	Fundament		0.0420 W/(m·K)	E	3,02
Woodfiber AIR	Woodfiber ApS	Fundament og Ydervæg	-1	0.0380 W/(m·K)	D-s2,d0	1,7 – 3,4
Woodfiber STRONGBOARD	Woodfiber ApS	Ydervæg		0.1200 W/(m·K)	D-s2,d0	6,15
Woodfiber TOP	Woodfiber ApS	Fundament		0.0470 W/(m·K)	E	0,68
Woodfiber HEMP	Woodfiber ApS	Fundament	-2.09	0.0400 W/(m·K)	D-s2,d0	
Woodfiber SAFE	Woodfiber ApS	Fundament og Ydervæg		0.0400 W/(m·K)	D-s2,d0	0,68
Øko-Natur Dampbremse	Wennerth Wood Trading ApS	Fundament og Ydervæg		0.1700 W/(m·K)	E	6,45

Litteraturliste

BIlag

CfBB materialebibliotek (2025) www.cfbb.dk

Lovgivning

Bolig- og Planstyrelsen (2025). Bygningsreglementet BR18. Tekniske bestemmelser, gældende fra 1. juli 2025.

Energistyrelsen (2024). Fremtidens lavenergihuse: varme, ventilation og lokal energiproduktion.

European Commission (2000). Commission Decision 2000/553/EC.

European Commission (2014). Commission Delegated Regulation (EU) No 1291/2014.

European Parliament & Council of the European Union (2024). Directive (EU) 2024/825.

Kommissionen (2000). Kommissionens beslutning 2000/553/EF.

Regeringen (2024). Aftale om skærpede klimakrav til byggeri.

Social- og Boligstyrelsen (2025). Nye klimakrav pr. 1. juli 2025.

Social- og Boligstyrelsen (2025). BR18 §250-298: Livscyklusmoduler.

Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen (2018). BR18 kapitel 14 – Fugt og vådrum.

Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen (2018). BR18 kapitel 21 – Vand.

Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen (2018). BR18 kapitel 29 – Dokumentation af brandforhold.

Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen (2022). Bilag 1a – Præ-accepterede løsninger for enfamiliehuse. Brand.

Almen teknisk fælleseje

Bunch-Nielsen, T. & Christensen, G. (2003). Dæk over terræn i pavillonbyggeri. BYG-ERFA.

Brandt, E. & Morelli, M. (2015). SBi-anvisning 252: Vådrum. Statens Byggeforskningsinstitut.

Brandt, E. & Rode, C. (2013). SBi-anvisning 277: Fugt i bygninger. Aalborg Universitet.

Brandt, E. m.fl. (2010). SBi-anvisning 224: Undertage – projektering og udførelse. Statens Byggeforskningsinstitut.

Johansen, B. L. (2013). TRÆ 67: Undertage. Træinformation.

Rasmussen, T. V. & Nicolajsen, A. (2007). SBi-anvisning 214: Klimaskærmens lufttæthed. SBI Forlag.

Statens Byggeforskningsinstitut (2016). Småhuse – Klimaskærmen.

Træinformation (2010). TRÆ 56: Træskelethuse.

Træinformation (2016). TRÆ 65: Fugt i bygninger.

Træinformation (2020). TRÆ 72: Træ i vådrum.

Træinformation. (2022). TRÆ 78 Træbyggeri i brandklasse 1 og 2. 1. udg., Lyngby: Træinformation.

Prøvningsmetoder

CEN (2011). EN 15978.

Dansk Standard (2004). DS/EN 14135.

Dansk Standard (2007–). DS/EN 1997 Eurocode 7.

Dansk Standard (2016). DS/EN 13501-2.

Dansk Standard (2022). DS 432.

DIN (2013). DIN 4108.

EN 1187 (2012). Fire tests for roofs – Test 2.

Nordtest (1976). NT Fire 003.

Litteraturliste
fortsat

Forskning

Artelia (2024). Potentiale ved produktion af biobaserede byggematerialer i Danmark.

EA Energianalyse (2023). Selvforsyningsgrader og energifællesskaber i lavenergibygninger.

Hansen, S. S. m.fl. (2024). Requirements of the vapour barrier in wood-frame walls. Buildings 14(10).

Haugbølle, K. m.fl. (2021). BUILD levetidstabel.

Künzel, H. M. & Sedlbauer, K. P. (u.å.). Neufassung von DIN 4108-3.

Nielsen, E. D. m.fl. (2024). Biobaseret byggeri – råvarepotentialer fra dansk skov- og landbrug. Aarhus Universitet.

Rangan, D. (2025). State-of-the-Art. CfBB.

Rasmussen, T. V. (2022). Negative emission potentials using biogenic building materials. Aalborg Universitet.

Rasmussen, T. V. (u.å.). Biogenic building materials can save tons of CO_2. Aalborg Universitet.

Reduction Roadmap (2023). Reduction Roadmap 2.0.

Teknologisk Institut (2023). Energilagring, varmepumper og jordvarme i tæt-lav bebyggelse.

Thureson, P. (2008). The use of fire classification in the Nordic countries. SP Report 2008:12.

Zimmermann, R. K. m.fl. (2020). Klimapåvirkning fra 60 bygninger. SBi rapport 2020:04.

Politiske dokumenter

DI Byggeri (2024). Lavere CO_2-grænser fra 2025.

European Commission, Research & Innovation – Bioeconomy (2025). Bioeconomy.

Verdensmaalene.dk (u.å.). Om os.

United Nations (2015). Transforming our world: the 2030 agenda for sustainable development. (indsat som ønsket)

Anden faglitteratur

Conteco (2021) ETA-godkendelse for vådrum. Dokument 1843. Tilgået 23.11.2025.

DBI (2025). Fire Technical Assessment: PHA12242A. Danish Institute of Fire and Security Technology.

EUDP (2022). Smart Grid Ready Buildings.

FDM (2024). Elbiler og driftsomkostninger.

KAISER GmbH & Co. KG (2024). ETA-24/1081 Brandschutzdosen HWD 68+ / O-range Protect³.

Knauf (2018). Fire Protection Silicone FPS – Installation guidelines.

Knauf Danmark A/S (2019). Gipsplader – Brandklassifikation K1 10 A2-s1,d0.

elka-Holzwerke GmbH (2025). Technisches Datenblatt ESB P5.

Mulcol International (2021) Declaration of Performance: Mulcol Multimortar, Version 1.1. Middelburg: Mulcol International.

Pfleiderer Deutschland GmbH (2025). Technisches Datenblatt PremiumBoard P4.

Sonae Arauco (2025). AGEPAN OSB 4 Ecoboard – Technische Daten.

UPM Plywood (2025). Declaration of Performance: WISA-Spruce.

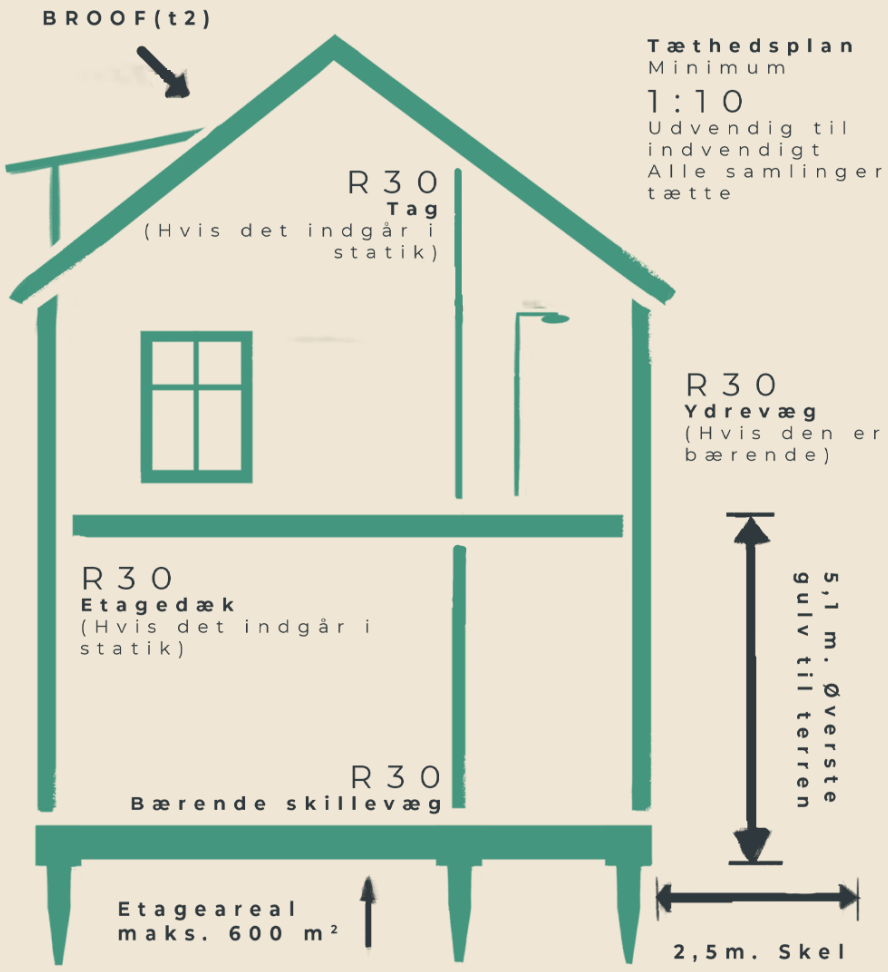
Hvad er De Biobaserede Byggevejledninger ?

De Biobaserede Byggevejledninger (DBB) beskriver principielle biobaserede konstruktioner. De beskriver også andre konstruktioner, der med lav klimapåvirkning kan understøtte biobaserede byggemetoder inden for BR18 kapitel 5, bilag 1a. Center for Biobaseret Byggevejledning (CfBB) og centerets specialistteam udgiver vejledningerne. Der indgår en del fagudtryk i vejledningerne. Langt de fleste bliver løbende forklaret i infobokse.

Forholdet til alment teknisk fælleseje
DBB er vores bedste forslag til principielle biobaserede konstruktioner inden for den definerede hustypologi. Udgivelsen forholder sig til krav som brand, fugt og holdbarhed m.m. og kommer med forslag til, hvordan validering kan udføres i forhold til udgivet alment teknisk fælleseje. Se vores litteraturliste.

DBB som inspiration
De Biobaserede Byggevejledninger er inspiration. Vi foreslår specifikke konstruktioner og viser, hvordan man kan validere dem. Vi påtager os ikke ansvar eller garanti for konkrete byggeprojekter, der bruger vores vejledninger som udgangspunkt.

Parallelle udgivelser med leverandørgaranti
Leverandører af biobaserede byggematerialer i DBB udgiver deres egne leverandørbyggevejledninger med produktgaranti. Du finder disse på CfBB's hjemmeside, hvor du også finder både vores og andre leverandørers publikationer. www.cfbb.dk



CfBB Enfamiliehus Typologi

CfBB enfamilehustypologi beskriver rammen vi har udviklet byggevejledningerne til. Den holder sig inden for de præ-accepterede løsninger i BR18 Kap. 5 Bilag 1a. men med enkelte strategiske fravalg. Typologien indeholder:

- Fritliggende og sammenbyggede enfamilie- og fritidshuse samt tilbygning i brandklasse 1
- Broof (t2) Tagmateriale
- Med højeste gulvniveau op til 5,1 m og maksimalt 2 etager over terræn
- Kun med lodrette boligskel
- Samlet etageareal på maksimalt 600 m²
- Mulighed for liberalerhverv og sammenbygning med anden erhverv i kl.1
- Mulighed for integreret garage/værksted

Fundament
...tænkt cirkulært

De Biobaserede Byggevejledninger
Inden for de præ-accepterede løsninger i BR18-Kap.5 Bilag 1a

CFBB