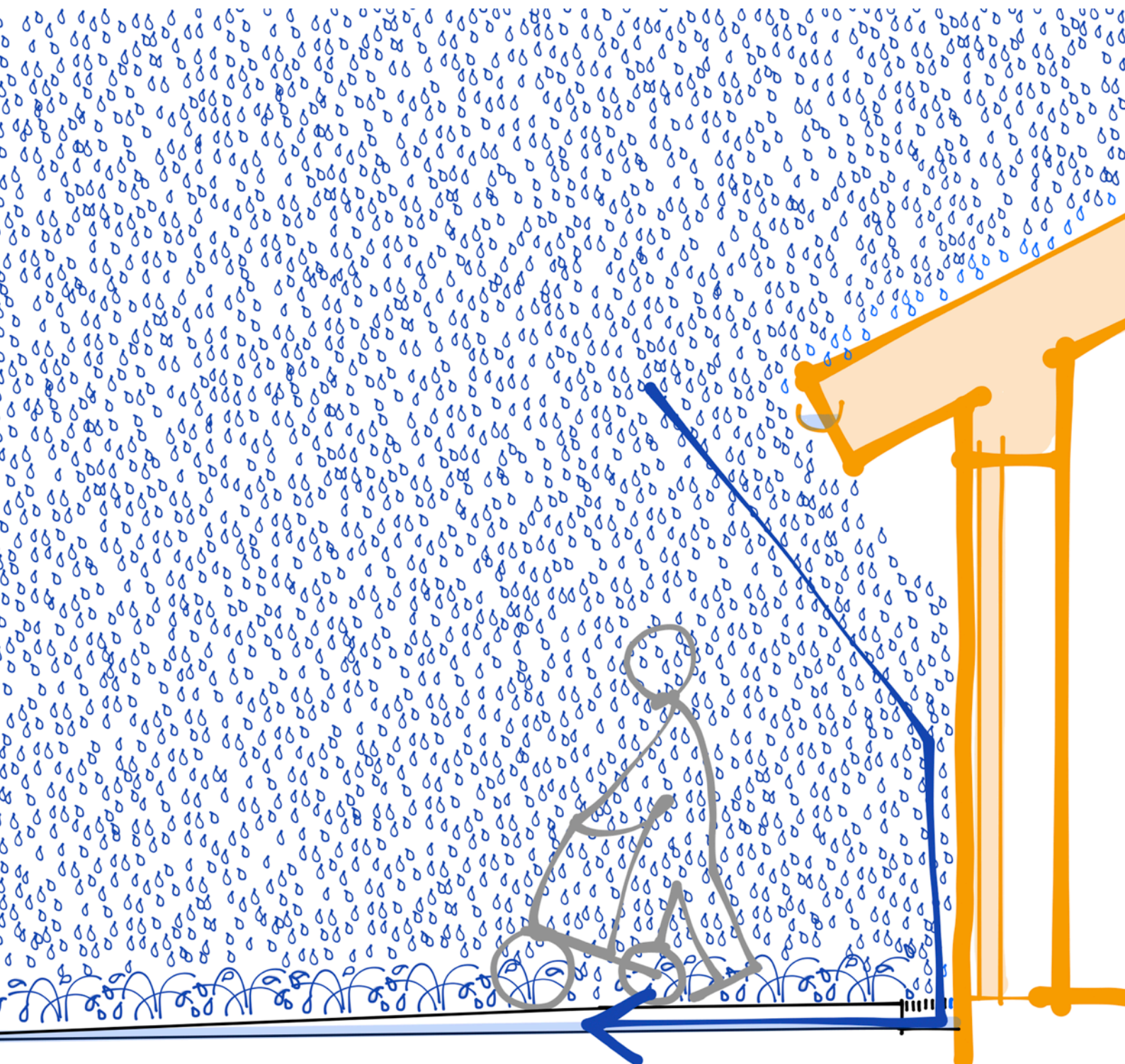




STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT
AALBORG UNIVERSITET KØBENHAVN

NIVEAUFRI ADGANG UNDER HENSYNTAGEN TIL FORVENTEDE KLIMAÆNDRINGER

SBI 2015:19



Niveaufri adgang under hensyntagen til forventede klimaændringer

Søren Ginnerup

Erik Brandt

Titel	Niveaufri adgang under hensyntagen til forventede klimaændringer
Serietitel	SBI 2015:19
Udgave	1. udgave
Udgivelsesår	2015
Forfatter	Søren Ginnerup og Erik Brandt
Sprog	Dansk
Sidetæl	69
Litteratur-henvisninger	Side 68-69
Emneord	Klimaforandringer, tilgængelighed, niveaufri adgang, klimatilpasning, fugtbelastning, eksempler, render, opsprøjt, bygningsreglementet
ISBN	978-87-563-1722-1
Tegninger	Søren Ginnerup
Omslag	Søren Ginnerup
Udgiver	Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet, A.C. Meyers Vænge 15, 2450 København SV E-post sbi@sbi.aau.dk www.sbi.dk

Der gøres opmærksom på, at denne publikation er omfattet af ophavsretsloven

Indhold

Forord	4
Sammenfatning	5
Erfaringsopsamling om niveaufri adgang	6
Principper fra andre lande	9
Eksempler på dansk og udenlandsk byggeskik	11
Bygninger lagt højt på grunden.....	11
Lokalt hævet terræn.....	14
Bygninger i niveau med terræn.....	16
Pladsbesparende løsninger	19
Typer egnede til videre bearbejdning	22
Fugtbelastning	23
Klimapåvirkning.....	24
Konsekvenser	26
Dimensionering for regnvand.....	26
Tillæg for slagregn	27
“Farlige” arealer	27
Forventede regnmængder fra facader.....	28
Aflledning af regnvand.....	28
Byggeri i udsatte lavninger	31
Voldgravsløsninger uden afløb	32
Dæmpning af opsprøjt	32
Vurdering af opsprøjt ud fra DRY 2001-2010.....	34
Forhold mellem nedsivning og bortledning over terræn	37
Eksempler på beregningsresultater.....	39
Hovedkonklusioner ved gennemsnitlige døgnnedbørsmængder	39
Hovedkonklusioner ved skybrud.....	39
Nedsivning og overfyldning af render	40
Muligheder efter bygningsreglement 2010.....	42
A. Bygning på hævet terræn (varft-princippet)	42
B. Lokalt hævet repos med adgangsareal	43
C. Lokalt hævet terrasse uden adgangsareal.....	45
D. Bygning med adgangsøre i højde med naturligt terræn.	45
Anbefalinger og løsninger	47
Anvendelighed for brugere med et handicap.....	48
Niveaufri adgang ved indgangsdøre og terrasser	50
Niveaufri adgang i matrikelskel.....	52
Niveaufri adgang på adgangsarealer og p-pladser	53
Niveaufri adgang i kældre: Dørtrinshøjder og fri passagebredde.....	54
Niveaufri adgang til parkerings- og cykelkældre via ramper	55
Niveaufri adgang til terrasser og altaner	56
Rekommanderede tiltag i efterfølgende anvisning	57
Emner i anvisning	58
Appendiks 1 - Måling af opsprøjt.....	59
Registrering af synligt opsprøjt	59
Opsprøjt fra betonfliser	60
Opsprøjt fra andre overflader.....	61
Appendiks 2 – Stikprøver af nedsivning og indsivning.....	62
Appendix 3: Model af bygning og påvirkning	64
Beregning for vestfacade.....	66
Litteratur	68

Forord

Rapporten her er en myndighedsopgave, som Statens Byggeforskningsinstitut ved Aalborg Universitet København har udført for Energistyrelsen. Baggrunden er, at klimaforandringer forventes at medføre øgede nedbørsmængder; både i form af hyppigere regnskyl/skybrud og i form af større mængder nedbør over længere tid.

Overholdelse af gældende krav til niveaufri adgang kan give yderligere risiko for øget fugtbelastning, og derfor søges principper for robuste løsninger udviklet og dokumenteret, særlig med hensyn til balance mellem risici og omkostninger. SBI-anvisninger beskriver allerede en del løsninger, der tager hensyn til risiko for u hensigtsmæssig fugtbelastning af bygningen, og der tages derfor udgangspunkt også i disse.

Litteraturstudium, eksempelindsamling fra ind- og udland, modeller for klimascenarier samt løsninger for vandafledning er nogle af hovedleverancerne sammenfattet i denne rapport, som senere følges op af en anvisning, som præciserer de opdaterede løsninger.

Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet København
Afdeling for Byggeri og Sundhed
Oktober 2015

Niels-Jørgen Aagaard
Forskningschef

Sammenfatning

På spørgsmålet om, hvorvidt anvisninger for niveaufri adgang bør ændres alene som følge af et mere ekstremt klima, er svaret i korthed:

- De klimafaktorer, der hidtil har været anbefalet, når det gælder regnvandshåndtering, stemmer allerede med de aktuelle fremskrivninger
- Der er dog usikkerhed om, hvor ofte ekstreme hændelser vil forekomme i fremtiden
- Antages det, at der vil forekomme hyppigere store skybrud, kan det være relevant at undersøge den fugtmæssige robusthed af løsninger til niveaufri adgang. Til denne rapport er der lavet overslagsberegninger og forsøg ud fra nylige, ekstreme hændelser, og de er blevet sammenholdt med de gældende regler i bygningsreglementet og tilhørende standarder.

Nogle hovedresultater:

- Render, som skal sikre mod fugt, når terræn hæves til niveaufri adgang, lader ofte alt facadevand sive ned til omfangsdræn. Dette er ikke tilladt efter drænnormen, som skal følges ifølge BR10. Omfangsdræn er ikke dimensionerede til at tage de vandmængder, der kan blive tale om, og mange nuværende løsninger er derfor i princippet ikke lovlige.
- Overslag ud fra DRY 2001-2010-referencenåret støtter, at lukkede render kan blive fyldt til kanten ved skybrud ved facader på to eller flere etagehøjder, og vand måske sive gennem eller over soklen.
- Lukkede render baseret på nedsivning er de mest problematiske, men også modeller forbundet direkte til afløb kan blive overfyldte, når opstuvning i nettet følger et skybrud.
- Rapporten konkluderer, at den enkleste sikring ved ekstremregn fortsat er at have løftet soklen tilstrækkeligt op, lede facadevand ud over terræn og kun hæve terrænet, hvor der er indgangsdøre. Det giver i praksis nogle udfordringer med terrænkoterne, og eksempler på tilpassede principløsninger vises derfor i rapporten.

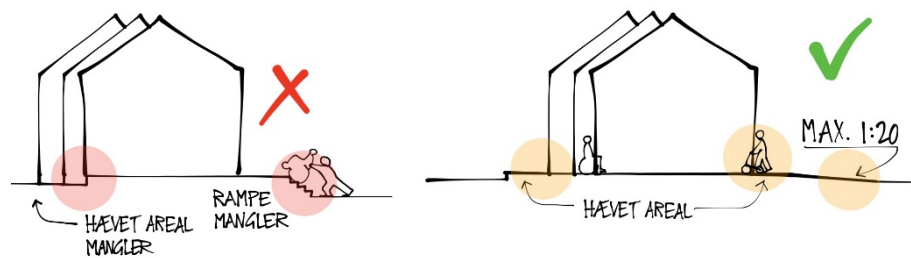
Beregninger baseret på DRY - det danske referenceår 2001-2010 - og forsøg tyder desuden på, at:

- opsprøjt som opfugtende faktor højst bidrager med 10 % ekstra, hvis tagfladen har en fungerende tagrende
- niveaufri adgang ved sokler og på tagterrasser bør kunne forenkles
- drænnormens bestemmelser om hvilke vandmængder, der tillades nedsivet ved facader med en og to etager, måske bør lempes.

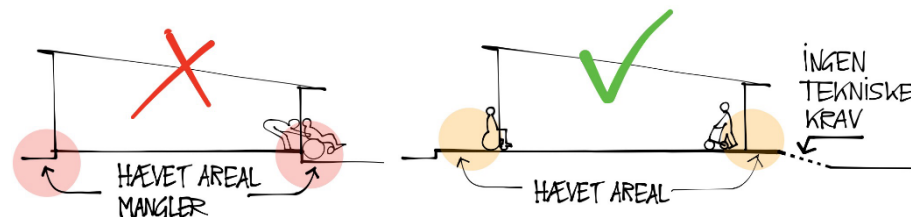
For at få et mere fuldt overblik over klimatilpasning og tilgængelighed, er der også set på belægninger på p-pladser, adgangsarealer, døre, altaner, fælles adgangsveje i kældre samt kældernedgange. Flere klimatilpasninger, der udføres i disse år, kan faktisk reducere tilgængeligheden, hvis de ikke udføres rigtigt. Også her kan der dog anvises brugbare løsninger.

Erfaringsopsamling om niveaufri adgang

I bygningsreglementet BR10 findes krav til niveaufri adgang i kapitlerne 2 og 3. Hovedprincippet er, at alle indgangsdøre skal udføres med arealet udenfor hævet til gulvniveau, og adgangsarealer frem til dørene kun må have en meget begrænset hældning. Trin må kun være et supplement og ikke optræde uden en rampe. Fritliggende enfamilieboliger er dog undtaget fra hældningskravet.



Figur 1. Kravene om niveaufri adgang betyder, at arealet ved alle indgangsdøre skal hæves, og at der kun tillades begrænsede hældninger frem til indgangsdørene. Det kan friste til at sænke bygningerne ned i terrænet.

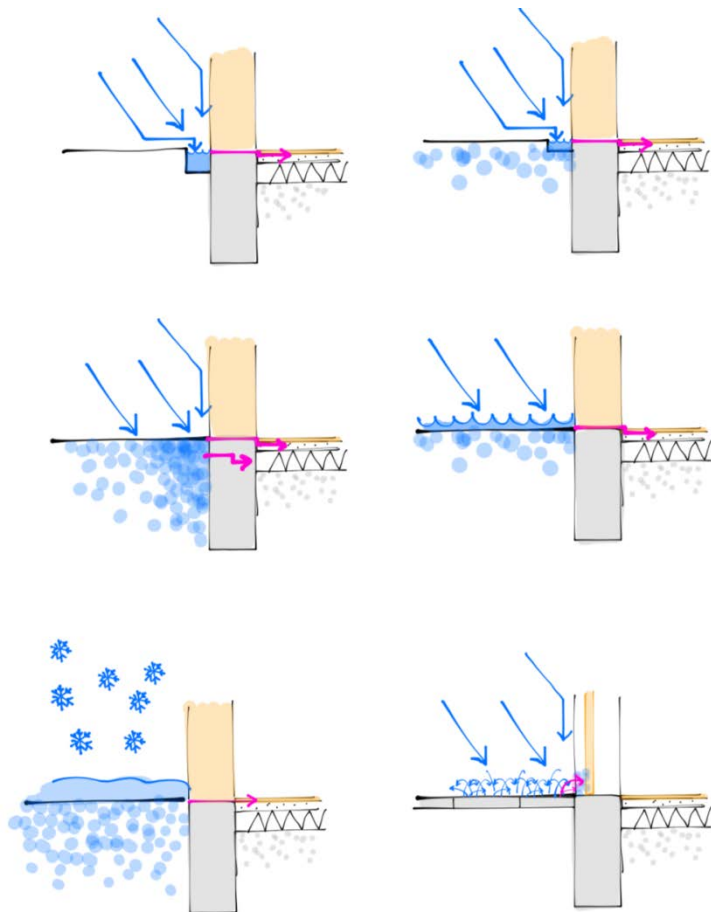


Figur 2. Ved fritliggende enfamilieboliger er der kun specifikke krav udenfor indgangsdørene.

I vejledninger og anvisninger advares der mod en række fugtrisici ved niveaufri adgang, hvis denne udføres forkert, og de senere års skybrudshændelser har øget opmærksomheden herpå. Det er særligt ved terrændæk, at indtrængende fugt frygtes at give skimmelsvamp. Terrændæk med strøgulve og lavtliggende betonplade er de mest udsatte; terrændæk med trægulve direkte på en højere liggende betonplade er det i mindre grad, og betondæk med uorganisk gulvbelægning regnes for de mindst udsatte.

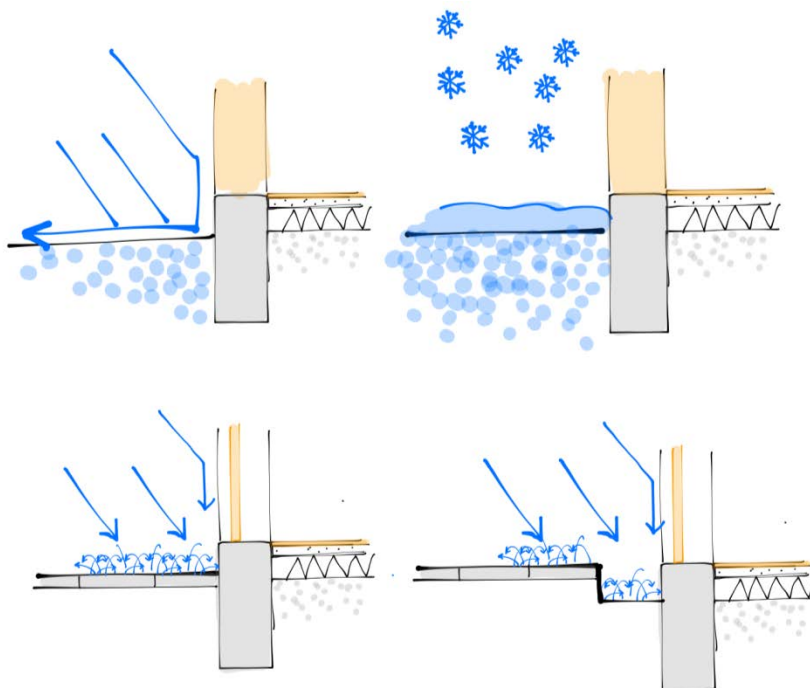
I figuren nedenfor opridses nogle situationer ved fugt og terrændæk, det traditionelt er vigtigt at forholde sig til, fx når

- fri sokkelhøjde er for lille
- jord ikke er selvdrænende
- fald væk fra bygning mangler – eller er negativt
- vandindtrængning sker over og under fugtspærre gennem revner eller samlinger
- opstuvning forekommer i render ved skybrud eller ved tilstopning af afløb
- opstuvning sker på terræn ved skybrud, fx i lavninger
- vand stiger op fra hav eller vandløb
- opsprøjt forekommer på fugtfølsomme materialer, fx døre og vinduer



Figur 3. Situationer der bør undgås: terræn hævet til gulvniveau kombineret med lukkede render uden afløb, for lille sokkelhøjde, manglende fald væk fra bygning, snelag og opsprøjt over sokkelkant.

SBi-anvisning 224, *Fugt i bygninger* er opdateret i 2013, og her fokuseres ekstra på at bibeholde fuld sokkelhøjde, og benytte sig af lokale terrænhævninger ved indgange, fremfor at sænke bygningen ned i terrænet.



Figur 4. Fire eksempler på hvordan 150 mm sokkelhøjde nedsætter vandbelastningen, idet slagregn, sne og opsprøjt ikke så let når op til sokkeloverkant. Anvendelse af rende langs sokkel som i sidste eksempel har samme effekt, men kun hvis renden har udløb over terræn eller er direkte forbundet til kloak.

Etager med betondæk kan også være udsatte for vandindtrængning, men selve dækket er ikke så sårbart som et terrændæk med strøgulv eller trægulv. Derfor fokuseres der i SBI-anvisning 224 mest på niveaufri adgang til bygninger med terrændæk, som anvendes i meget forskellige typer bygninger.

Terrasser, tagaltaner, svalegange, kældergange, døre osv. er også omfattet af tilgængelighedskrav, som skal huskes, når der laves skybrudssikringer. Disse er behandlet senere i denne rapport.

Desuden eksperimenteres for øjeblikket med nye belægningstyper, der tillader mere nedsivning. Når de skal fungere som parkerings- og adgangsarealer frem til en bygning, skal de også være egnede for personer med funktionsnedsættelser. Konkret kan det fx være hensyn til jævnhed, som spiller ind, og dette er også søgt konkretiseret.

Opmærksomheden henledes også på gadeomlægninger i fx strøgpartier, da det kan forekomme mest enkelt at hæve belægningen generelt for at give niveaufri adgang. Det kan imidlertid øge risikoen for vandskade ved oversvømmelser.

En stor del af de ombygninger, der finder sted på matrikelgrænsen mellem privat og offentligt areal, giver udfordringer – også fugtmæssige - med at opfylde bygningsreglementets bestemmelser på grund af den begrænsede plads.

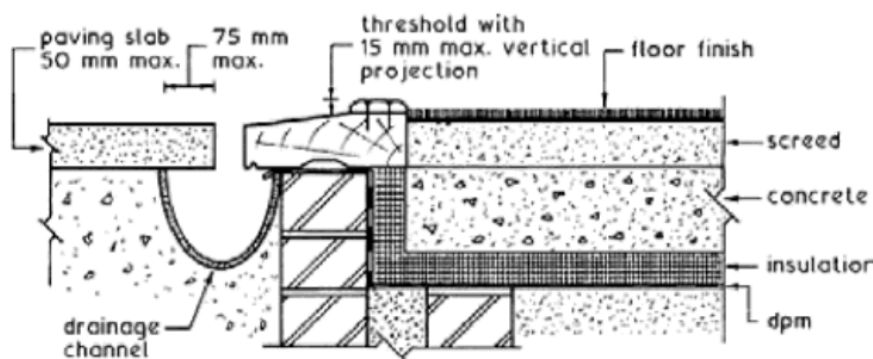
Endelig skal også nævnes, at de mere mekanisk drevne løsninger som lifte anvendes jævnligt, når reglementerede ramper ikke kan indbygges, men disse har deres egne fugtrelaterede vanskeligheder.

Principper fra andre lande

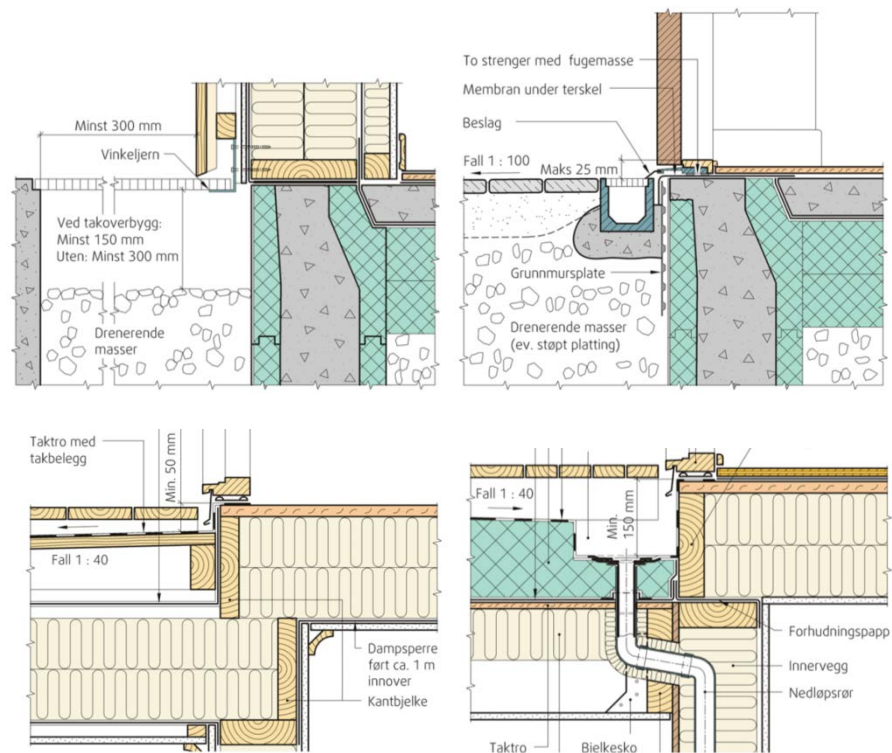
Der er søgt efter principløsninger for niveaufri adgang i bl.a. Sverige, Norge, Storbritannien, USA og Tyskland, der alle har en lovgivning, der ligner dele af den danske, hvad angår niveaufri adgang til byggeri med offentlig adgang og erhverv.

Danmark, Norge og England er dog blandt de relativt få lande, som kræver niveaufri indgange til fritliggende enfamilieboliger og sammenbyggede boliger. Disse boliger er i en kategori, som ofte bygges med terrændæk, og hvor der kunne være mulighed for overførsel af erfaringer. Der er dog ikke fundet ret meget materiale herom - bortset fra i Norge – og det kan hænge sammen med, at detailbestemmelser og byggeskik ikke svarer til de danske.

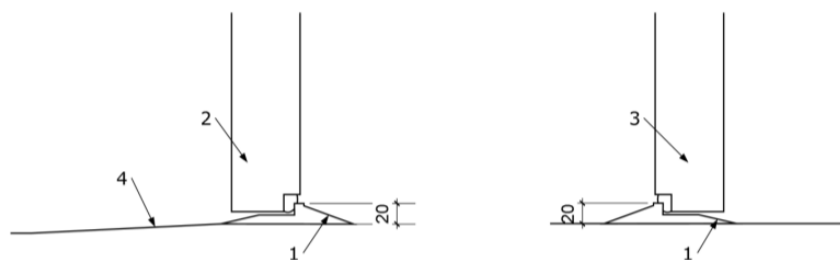
I korte træk er situationen, at det fx i Storbritannien kun kræves, at hovedindgangen er uden trin, og i Sverige er det ofte tilstrækkeligt, at der kan etableres trinfri adgang på et senere tidspunkt. I USA er det ikke et krav, at private enfamilieboliger skal have niveaufri adgang, lidt i kontrast til reglerne for bygninger til erhverv eller offentlig brug. Her stilles der meget detaljerede betingelser. Norge, der har universel udformning som politisk fokus, stiller vidtrækkende krav på niveau med Danmark; uden at alle døre skal være niveaufri. De norske anvisninger fra Byggforsk-serien ligner i høj grad de danske, dog med fokus drejet over på træhuse, udadgående døre og overdækkede indgangspartier, som byggetraditionen måske tilsiger i Norge og Sverige.



Figur 5. Principløsning fra Storbritannien (BS 8300)



Figur 6. Principløsninger fra Byggforsk-serien, Norge. Løsningerne er især rettet mod trækonstruksjoner, og omfatter også terrasser.



Figur 7. Principløsning fra ISO 21542. Løsningen medtager ikke hensyn til dæmpning af opsprøjt. Der vises ikke detaljer mht. opfugtning pga. opsprøjt, fugtindtrængning gennem eller over sokkel, brug af terrændæk eller lignende.

Med de relativt skrappe danske bestemmelser om niveaufri adgang til alle indgangsdøre samt tradition for boliger i en enkelt etage, er der flere overgange mellem terræn og bygning at tage hensyn til. De betyder også, at det er mere oplagt at trække bygningen ned i terrænet for at opnå niveaufri adgang.

Eksempler på dansk og udenlandsk byggeskik

I det følgende vises en række eksempler til at reducere vand- og fugtindtrængning i bygninger, både indenlandske og udenlandske. Nogle af de mest effektive principper kendes allerede fra gammel tid fra Marsken i Sønderjylland/Nordtyskland, hvor mange huse er bygget på naturlige eller anlagte forhøjninger i landskabet, såkaldte varfter.

De 5 hovedtyper er:

- bygninger lagt højt på grunden
- ramper og reposer fri af terræn
- lokalt hævet terræn
- bygninger i niveau med terræn
- pladsbesparende løsninger

Bygninger lagt højt på grunden



Figur 8. Bolig på varft i marsken ved Ribe. Varften er en naturlig eller kunstig bakke, som ligger flere meter over det omgivende område. Varften er en mange hundrede år gammel metode til sikring mod oversvømmelse som følge af havstigning og stormflod.



Figur 9. Fritliggende enfamiliehus på hævet terræn i lavt beliggende boligområde i marsken ved Ribe. Det hævede terræn mindsker risikoen for oversvømmelser, også ved ekstremregn.

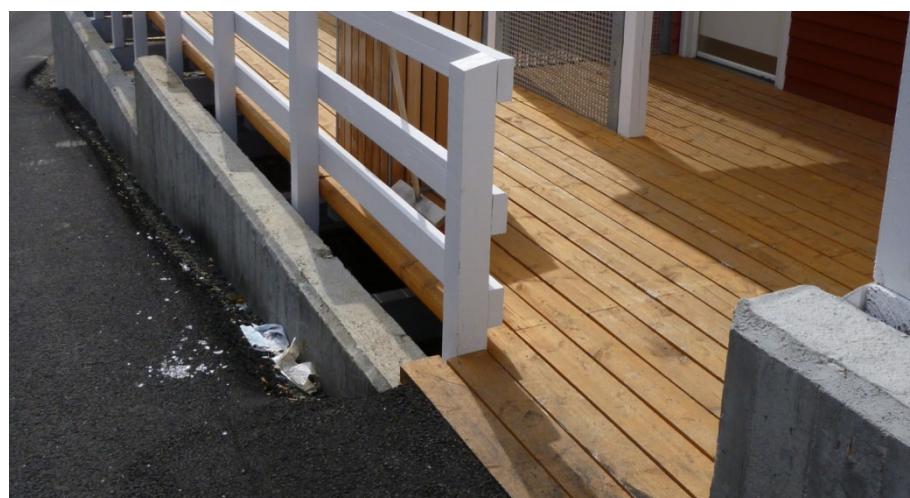


Figur 10. Hævet indgangsparti inklusive parkeringsplads. Gangarealer og parkering er hævet op over det omliggende område. Hella, Island.

Ramper og reposer fri af terræn



Figur 11. Hævet rampe og trappekonstruktion uden terrænhævning foran indgange. Konstruktion i gitterriste som mindsker ophobning af sne på adgangsarealerne. Sisimiut, Grønland.



Figur 12. Hævet gangbro over terræn. Løsningen er god i meget kuperet terræn. Overdækkede indgangspartier kan give færre snedriver foran indgangsdøre, der traditionelt har været udadgående i Grønland. Betondæk og krybekælder er den almindeligste dækkonstruktion i Grønland. Sisimiut



Figur 13. Terrasser i træ hævet over naturligt terræn. Der er kraftigt fald på terræn fra bygning hen mod overløbsreservoir. Mårslet.

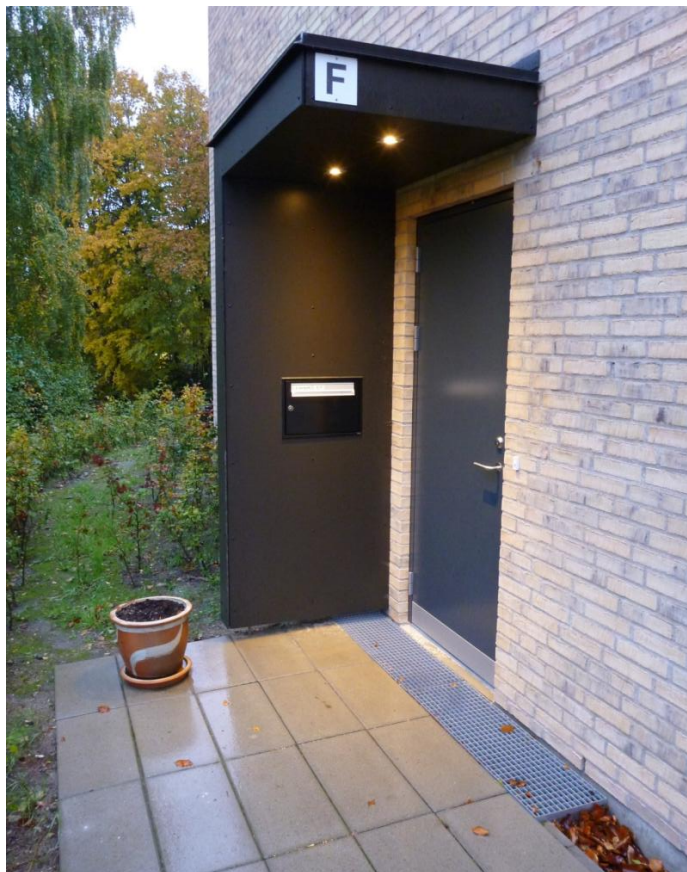


Figur 14. Træterrasse hævet over naturligt terræn, så kravet om effektiv højde til overkant af sokkel på 150 mm overholdes. Rampe til omliggende terræn er ikke påkrævet, hvis der - som her - ikke findes et egentligt adgangsareal fra vej til terrasseindgang, og det gør det lettere at anlægge tilstrækkeligt fald væk fra bygningen. Mårslet.



Figur 15. Hævet terrasse ved fritliggende enfamiliehus, så naturligt terræn ligger mindst 150 mm lavere end overkant sokkel. For de fleste bygningstyper er rampe kun krævet ved indgange med et egentligt adgangsareal fra vej til indgang. Odder.

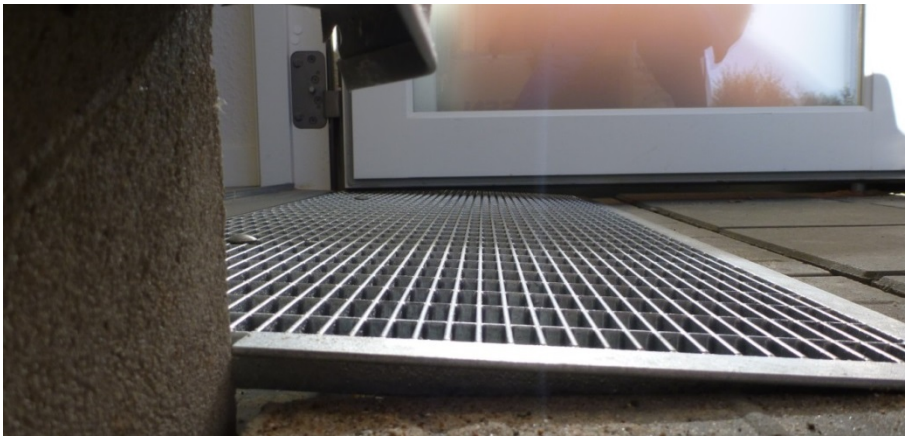
Lokalt hævet terræn



Figur 16. Overdækket indgangsparti med rende langs store dele af soklen. Gitterrist har den reglementerede størrelse på min. 1500 mm langs facaden og kan bruges som den krævede markering af arealet foran døren. Repos hælder mere end foreskrevet. Renden skal have afløb ud over terræn med fald, sådan som det er tilfældet her, eller forbindes til kloak. Malling.



Figur 17. Fritliggende enfamiliehus udført med 150 mm fri sokkelhøjde og lokalt hævet terræn ved indgang, som er overdækket. Sundt princip, dog mangler rende mellem hævet terræn og sokkel. Mårslet.



Figur 18. Ombygning af rækkehus til niveaufri indgange i almen bebyggelse. Løsning med rende og kort, skråtstillet rist (hældning 1:8) er anvendt ved hoveddøre, som er udadgående og delvist overdækkede. Den skråtstillede rist giver mere plads under dørbjælken, så det kan åbnes, også hvis der ligger lidt is og sne, eller terrænet hæver sig i frostperioder. Haderslev.



Figur 19. Ombygning af almen bebyggelse, hvor terrænet er hævet i den smalle passage mellem bygningerne. Der er etableret en rende op til facaderne, overbygget med riste. Hvis renderne er åbne i enderne, er der god sikring mod vandtryk mod soklen. Der kunne med fordel have været etableret render på tværs ved afløbene i den hævede belægning, som i så fald kunne have været sænket til samme niveau som bunden af de langsgående render. Derved kunne vand fra hele arealet have været afledt til afløb. Ristene kan fungere som den krævede følbare eller farvede markering af indgangene for synshandicappede. Nyborg.



Figur 20. Render bør have afløb ud over terræn med jævne mellemrum, fx i enderne. Lukkede render, der kun afvander gennem dræn har ofte været anvendt, men de er ikke i overensstemmelse med Drænnormen. I dette tilfælde er det ret enkelt at åbne enden af rendern, så vandet kan afledes over terræn. Nyborg.

Bygninger i niveau med terræn



Figur 21. Eksempel hvor fald væk fra ny bygning er svagt, og hvor renden er meget lille (ca. 50 mm dyb) og desuden ikke har afløb. Renden er desuden fyldt helt op med granitskærver, så der ikke er fri sokkelhøjde på 150 mm.



Figur 22. Bred rende fyldt med håndstore sten til dæmpning af opsprøjt. Sydslesvig, Tyskland.



Figur 23. Rende overdækket med beton "gitter" med skrå overflader, beregnet på at mindske opsprøjt på facaden. København.



Figur 24. Lokalt hævet terrasse med rende og gitterrist med justerbare ben, der giver en enkel opbygning og slutjustering af den niveaufri adgang. Renden skal have afløb til naturligt terræn eller have forbindelse direkte til kloak. Odder.



Figur 25. Indgangsparti med stor gitterrist over sænket rist med afløb. Til inspiration er både sidehængslet dør og karusseldør markeret med mørke partier af børster, som kan fungere som markering for synshandicappede. Oslo, Norge.



Figur 26. Linjedræn anvendt som fugtsikring foran indgangsparti. Korrekt udført, men den manglende fri sokkelhøjde giver dårlig sikring mod indtrængning af vand, hvis kloak afløbet ikke kan bortlede vandet under skybrud. Viborg.



Figur 27. Nybyggeri med voldgravsløsning omkring rækkehus hvor der er sørget for fuld sokkelhøjde. Gitterriste udgør en del af reglementeret repos på 1,5 x 1,7 m. God dæmpning af opsprøjt pga. de åbne riste. Voldgraven skal forsynes med afløb. Odder.

Pladsbesparende løsninger



Figur 28. Ved ombygninger accepteres i mange kommuner ofte en pladsbesparende løsning på matrikelgrænsen mellem bygning og offentligt areal, fx ved butikker. Et eller to trin ombygges til en kort rampe uden vandret repos, i kombination med automatiske skydedøre med føler. Ved lidt større niveauspring udvides med indvendig rampe. Der spares relativt meget areal både ude og inde, og adgangs-etagen kan forblive hævet over gadeplan, så risikoen for indtrængende vand under skybrud mindskes. Aarhus.



Figur 29. Løfteplatform indbygget i trappe, indendørs. Hvis de elektriske og mekaniske komponenter er godt beskyttet mod fugt, er der større sandsynlighed for, at løfteplatformen fungerer. Efter Bygningsreglementet er løfteplatforme og trappelifte ikke umiddelbart tilladte til at skabe niveaufri adgang, bl.a. fordi de ikke i tilstrækkelig grad kan betjenes af brugerne, og ofte ikke fungerer. En løfteplatform kan dog være en hjælp til at lempe mulighederne for adgang, fx i eksisterende bygninger, hvis der ikke kan indpasses en rampe. Aarhus.



Figur 30. Løse ramper til butiksindgange, anvendes primært til udstillingsvogne og barnevogne. Anvendes som nødløsning, men har kun lille anvendelighed for personer med handicap. Løse ramper kræver oftest hjælp fra andre, og er ofte for stejle eller usikkert fastgjort. Løse ramper har dog kun få klimamæssige problemer. Aarhus.



Figur 31. Løfteplatforme nedbygget i terræen, udendørs. Vand, sne og frost kan nedsætte driftssikkerheden væsentligt, og siden 2008 har bygningsreglementet ikke tilladt anvendelse af trappelifte og løfteplatforme til at sikre niveaufri adgang udefra og i fælles adgangsveje. Aarhus.



Figur 32. Hyppigt anvendt tilpasning af indgangspartier i eksisterende boliger, hvor der ikke er niveaufri adgang, både indendørs og udendørs. Et dansk system af plastelementer klippes sammen til den ønskede højde og hældning, og huller i elementerne bortleder vand eller bruges til at montere kontrastfarvede eller skridhæmmende knopper. Medfører ikke vandbelastning på soklen på en bygning. Hvorvidt opsprøjt dæmpes er ikke afprøvet. Ses også anvendt på steder, hvor man af bevaringsmæssige grunde kun ønsker midlertidige opbygninger, der kan fjernes igen. Venedig, Italien.



Figur 33. Oversvømmelsessikring. En 500 mm høj stålplade i skinne foran døren som sikring mod oversvømmelse. Niveaufri adgang kræver, at pladen løsnes og løftes op. Lignende løsninger er taget i brug i Danmark efter skybruddet i København 2011. Venedig, Italien.

Typer egnede til videre bearbejdning

Af de fem hovedtyper ovenfor kan de fire udføres i god overensstemmelse med gældende anvisninger om fugtsikring:

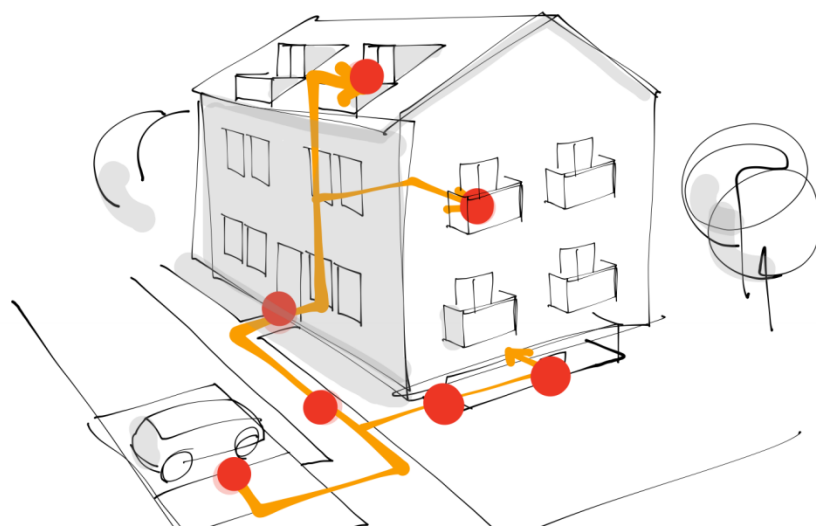
- Bygninger lagt højt på grunden
- Ramper og reposer fri af terræn
- Lokalt hævet terræn
- Pladsbesparende løsninger med faste ramper

Typerne ligger indenfor bygningsreglementets og vejreglernes krav og anbefalinger og kan fortsat bygges som relativt enkle løsninger, der ikke kræver vedligeholdelse af løfteaggregater, manuel betjening fra hjælpere etc.

Fugtbelastning

Opretholdelse af niveaufri adgang under hensyntagen til de forventede klimaændringer berører to hovedemner. Dels skal det vurderes/analyseres, hvad de forventede klimaændringer betyder for eksponeringen af vores bygninger, dels hvordan bygningerne bedst sikres mod fugt-/vandindtrængning. Desuden skal det vurderes, hvordan bygningerne udformes med niveaufri adgang samtidig med, at bygningerne sikres bedst muligt mod opfugtning.

Opgaven er altså udformningen af bygningens nære omgivelser og dens placering i forhold til terræn. Oversvømmelse af større områder (kvarterer eller bydele) pga. problemer med utilstrækkelig kapacitet af kloaksystemet behandles således ikke. Det skal dog bemærkes, at lokal afledning af regnvand (LAR) er en af de metoder, der kan anvendes til at reducere belastningen af kloaksystemet. Metoden kan dog ikke anvendes i selve de områder, der er udsat for oversvømmelse, men i højereliggende områder, som ikke selv er i risiko for oversvømmelse. Ved oversvømmelser af større områder vil udformningen af bygningens nære omgivelser og placering i forhold til terræn ikke kunne hindre fugtskader. Her vil kun højtliggende huse være nogenlunde sikret, afhængigt af hvor høj vandstanden er. En af foranstaltningerne til sikring mod skybrudsskader er også at sikre mod, at kloakvand stiger op. Dette kan hindres ved etablering af højvandsslukker, hvilket er en velkendt løsning. Denne løsningstype behandles heller ikke her, men vil blive nævnt i listen over anbefalede tiltag sidst i rapporten.



Figur 34: Niveaufri adgang og klimatilpasninger berører især indgangspartier, men også andre bygningsdele. Belægninger på adgangs- og parkeringsarealer, adgang til kældre, altangange, tagaltaner m.v. klimatilpasses i disse år for at tage højde for øget nedbør. I byområder ændres koteforholdene mellem fortov og butikker jævnligt for at opnå niveaufri adgang, enten ved gadeomlægninger eller ombygninger.

Der er set på flere af de klimarettede tilpasninger, som sker efter de større skybrud i de senere år, og de er vurderet med hensyn til om de fungerer for brugere med funktionsnedsættelser, især når det gælder bygningsreglementets bestemmelser. Der er også søgt vurderet, hvordan øgede regnmængder kan indvirke på andre, almindeligt brugte løsninger til at opnå niveaufri adgang.

Klimapåvirkning

Der er gennem de senere år i Danmark gennemført en række forskellige undersøgelser med henblik på at skønne, hvilke fremtidige ekstreme regnintensiteter, der kan forventes under indtryk af ændrede klimaforhold. Undersøgelserne er alle baseret på output fra regionale klimamodeller fra Danmarks Meteorologiske Institut (DMI), som er det bedste grundlag for at skønne den fremtidige udvikling i ekstremregn i Danmark

Ifølge prognoser udarbejdet af Danmarks Meteorologiske Institut (DMI) samt FN's klimapanel IPCC vil der i de kommende år ske betydelige klimaændringer. Disse klimaændringer vil bl.a. komme til at betyde stigende temperaturer, mere ekstrem regn, flere hvedebølger, oversvømmelser fra havet, stigende grundvand mv.

IPCC har i forbindelse med undersøgelserne af klimaændringerne udarbejdet "udviklingsscenerier", som indeholder "forestillinger om fremtiden eller alternative fremtider" der skal "løse" problemet. De fire "udviklingsscenerier" kan læses på DMI's hjemmeside. Klimatilpasningsplanen udarbejdet af Københavns Kommune indeholder tilsvarende scenarier. Det fremgår heraf, hvordan klimaet i fremtiden forventes at blive, og hvordan det vil påvirke os. Forskellen mellem rapporterne er at, klimatilpasningsplanen kun har fokus på København, hvorimod IPCC ser på klimaændringerne på globalt plan.

IPCC og DMI har benyttet sig af klimamodeller til at beskrive klimaændringerne. Klimamodellerne beregner atmosfærens tilstand ud fra fysiske love og konstaterede sammenhænge, dvs. matematiske beskrivelser af klimasystemets dele: atmosfære, oceaner, biosfære, is og sne samt den faste jord. Modellerne er meget komplekse, og modelberegningerne kræver derfor stor regnekapacitet.

Hovedformålet med klimamodellerne er at beregne betydningen af og vekselvirkningen mellem mange forskellige feedback-mekanismer. Dette kan iflg. DMI kun gøres med en global tredimensional klimamodel, dvs. en computermodel af Jordens atmosfære koblet til en tilsvarende model af oceanerne, således at klimamodellen kan beskrive atmosfærens og oceanernes tilstand og deres gensidige påvirkning.

Modellerne er behæftet med stor usikkerhed, da de eksakte sammenhænge er ukendte.

Ifølge opgørelser fra Danmarks Meteorologiske Institut (DMI) [DMI, 2011] har der gennem mange år været en svag stigning i antallet af døgn med regnmængder større end 10 mm og ligeledes i den maksimale nedbør i en 24 timers periode på en enkelt lokalitet. Begge opgørelser viser betydelige udsving fra år til år. Opgørelsen fra DMI viser endvidere, at den årlige nedbør er steget med ca. 100 mm siden 1870. Der henvises til publikationen *Forventede ændringer i ekstremregn som følge af klimaændringer*, [Spildevandskomiteen, 2008] mht. prognoser over fremtidige klimaændringer, se nedenfor.

I en rapport fra COWI, *Trend i ekstremregn*, [Spildevandskomiteen, 2003] er det undersøgt, om der er sket væsentlige ændringer i ekstreme regnhændelsers intensitet og volumen. Datamaterialet er de 41 længste regnserier i Spildevandskomitéens Regnmålersystem, og analyserne er baseret på de 20 største hændelser på hver regnserie, svarende til ca. 1 hændelse om året. Undersøgelserne viser, at der er næsten lige mange stationer med opadgående trends og med nedadgående trends. Det tyder på, at der på Sjæl-

land er en tendens mod hyppigere og kraftigere regnhændelser for 10 minutters intensiteten. Dette resultat ses ikke i de jyske og fynske regnserier. I Jylland er der måske til gengæld en tendens til, at den totale nedbørsmængde i mm (også betegnet regndybde) bliver større, hvilket ikke kan genfindes på Sjælland. Ovenstående resultater er baseret på en lille analyse af udvalgte data fra Spildevandskomitéens regnmålersystem. Det nævnes, at inden resultaterne kan generaliseres, bør yderligere analyser foretages.

I *Regional variation i ekstremregn i Danmark – ny bearbejdning (1979 – 2005)* [Spildevandskomiteen, 2006] findes den anden officielle bearbejdning af ekstreme regndata fra Spildevandskomiteens regnmålersystem, der blev etableret i 1979. Ligesom ved tidligere analyser viser rapportens resultater en signifikant regional variabilitet af ekstremnedbør i Danmark.

Et andet projekt for Spildevandskomiteen har haft til formål at bestemme scenariusikkerheden for klimaændringer for ekstremregn som funktion af regnens varighed og gentagelsesperioder samt undersøge, hvorvidt der er regionale forskelle på de forventede ændringer. Projektet er afrapporteret i *Forventede ændringer i ekstremregn som følge af klimaændringer*, [Spildevandskomiteen, 2008]. En af hovedkonklusionerne er, at det er ret sikkert, at Danmark vil opleve stigende nedbør generelt, og at ekstreme nedbørssituationer i fremtiden vil være kraftigere end i dag. Samtidig pointeres det, at det generelt kan betale sig at øge kapaciteten af afløbssystemet, således at serviceniveauet overfor borgerne fastholdes.

Scenariusikkerheden udtrykkes i form af en "klimafaktor", som skal ganges på den nuværende regnintensitet for at få den fremtidige dimensionsgivende regnintensitet. Klimafaktoren afhænger som udgangspunkt af gentagelsesperioden, varigheden og fremskrivningshorisonten. Af interesse for hvor meget vand der kan forventes i bygningernes nære omgivelser er især:

- Usikkerheden på de afløbstekniske beregninger, som er estimeret til (modelusikkerhed) 20 %
- Vurderingen af hvor meget nedbøren vil ændre sig i afløbets forventede levetid. Da afløbs tekniske levetid normalt er lang, er der her regnet med en gentagelsesperiode på 100 år. Forøgelsen er estimeret til 30 %.

For at tage hensyn til begge forhold skal den nuværende regnintensitet ganges med både 1,2 og 1,3, dvs. $1,2 \times 1,3$, for at tilgodese såvel modelusikkerhed som forventet klimaændring.

Det understreges i publikationen ovenfor, at simuleringer er forbundet med store usikkerheder. Desuden anføres det, at ekstreme nedbørsmængder alt andet lige underestimeres af klimamodeller, specielt for de kortere varigheder. Det foreslås, at der generelt anvendes de klimafaktorer, som er gengivet i nedenstående tabel. Klimafaktorerne er et vægtet gennemsnit af resultater fra undersøgelser efter forskellige modeller, idet der er lagt mest vægt på varigheder mellem 1 og 3 timer.

Tabel 1. Forslag til klimafaktorer ved dimensionering og analyse af afløbssystemer i henhold til metoderne i [Spildevandskomiteen, 2005].

Regnens gentagelsesperiode	2 år	10 år	100 år
Klimafaktor	1,2	1,3	1,4

Konsekvenser

Et gennemgående træk i scenarierne er, at der forventes flere og mere kraftige vejr-situationer, herunder vil de rigtigt store hændelser, fx skybrud, blive større/voldsommere end tidligere. Det stiller store krav til bygningens udformning, at den samtidig skal sikre:

- mod indtrængning af vand- og fugt og
- at der er niveaufri adgang, så bygningen er tilgængelig for alle.

Beskyttelse mod vand- og fugt gælder både sikring mod egentlig vandindtrængning og opfugtning af facader på grund af opsprøjt af vand.

Dimensionering for regnvand

Sikring mod høje regnintensiteter/skybrud må tage udgangspunkt i: 1) at nedbøren fjernes lige så hurtigt, som den kommer ned, og 2) at den ikke udsætter følsomme bygningsdele/samlinger for kraftig eller længere tids eksponering af vand.

Ved dimensionering af afløb fra udendørs arealer beregnes den dimensiongivende regnvandsstrøm som:

$$q = A \times \varphi \times i$$

Hvor:

A er det regnmodtagende areal fx i ha (10.000 m²). A beregnes som summen af:

- de indgående vandrette arealer
- den vandrette projektion af de skrå flader, og
- 1/3 af de lodrette flader, der rammes af den største slagregnmængde, hvilket som regel er de flader, der vender mod den fremherskende vindretning.

φ er afløbskoefficienten dvs. en faktor med værdier mellem 0,0 og 1,0 afhængig af, hvor meget af vandet, der forventes at skulle afledes, fx:

- 1,0 = tætte belægninger
- 0,8 = belægninger med grus-/græsfuger
- 0,6 = grusbelægninger
- 0,1 = have- /parkarealer med afvanding.

i er regnintensiteten i l/s/ha fx:

- 110 l/s/ha (n = 1/1)
- 140 l/s/ha (n = 1/2)
- 230 l/s/ha (n = 1/10).

hvor n = den årlige sandsynlighed for intensitetens optræden.

Der kan tages hensyn til de forventede kommende klimaændringer ved at gange den nuværende regnintensitet med en passende klimafaktor, fx en af nedenstående – jf. tabel 2:

Tabel 2.

Regnens gentagelsesperiode	2 år	10 år	100 år
n	1/2	1/10	1/100
Klimafaktor	1,2	1,3	1,4

Afløbsledningen skal sikres et tilstrækkeligt ledningsfald og en tilstrækkelig stor dimension til, at den også kan fungere ved mindre vandmængder. Derfor bør klimafaktoren ikke medregnes ved fastsættelse af ledningens fald. Ved bestemmelse af rørets dimension skal klimafaktoren derimod medtages.

Tillæg for slagregn

Ved udsatte eller fritliggende, vestvendte facader tillægges regnarealet 1/3 af facadearealet under den forudsætning, at regnvandet fra facaden bliver opsamlet, fx i overfladebrønde, og bortledt.

I nogle tilfælde (ved udsat beliggenhed) bør der også tages højde for slagregn ved halvtage, baldakiner, overdækkede altaner, ved overdækkede tankstationer eller lignende. Som for fritliggende facader er det også her en forudsætning, at slagregnen bliver bortledt.

"Farlige" arealer

Ved ikke overdækkede terrasser eller altaner i etageejendomme, nedkørsler til kældre eller andre udsatte lokaliteter, hvor der kan være risiko for oversvømmelse, sættes $i = 230 \text{ l/s/ha}$ ($n = 1/10$).

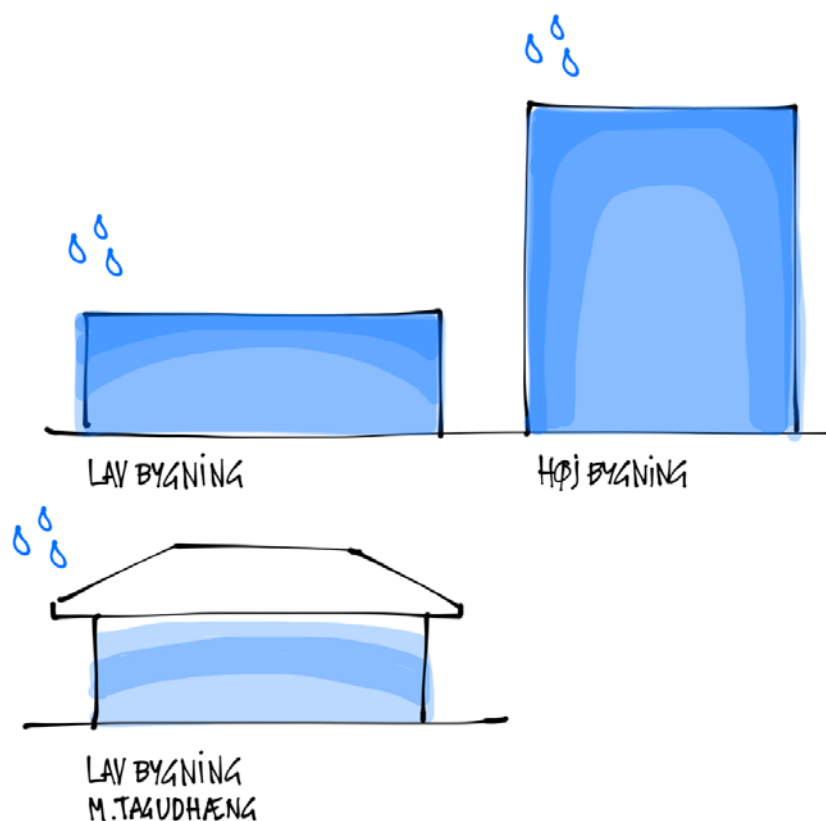
I tabellen nedenfor er tallene omsat til mm/time ($\times 0,36$), og til sammenligning er den højest målte intensitet over 1 time, målt i København 2011, vist. Denne ligger over alle de foreslåede dimensionerende værdier, og kan være sjældnere end en 100-års hændelse. Det er derfor en værdi, der måske burde udelades som forslag til dimensionerende nedbør, men da hændelsen imidlertid forekom over landets største by, fylder den meget i skadesstatistik og bevidsthed. Derfor kan det være relevant at medtage den i overslag på, hvordan fx render brugt til niveaufri adgang opfører sig ved så høje nedbørsintensiteter.

Tabel 3. Spændvidde i dimensionerende nedbør pr. time efter klimafaktor 1 og 1,4, henholdsvis dimensionerende kapacitet med overbelastning hvert andet år, langs stærkt befærde vej, og til sidst den højeste målte intensitet over en time målt i København 2011.

SBi 96-1, klimafaktor 1	Dimensionerende regnskyl, klimafaktor 1,4	SBi 96-1, overbelastning hvert andet år	Langs stærkt befærde vej, SBi 96-1	Højeste intensitet over 1 time (Botanisk Have 2011)
70 l/s pr ha	98 l/s pr ha	130 l/s pr ha	230 l/s pr ha	
25 mm/time	35 mm/time	47 mm/time	83 mm/time	102 mm/time

Forventede regnmængder fra facader

Slagregn på bygninger er kraftigst omkring hjørner og langs tagkanter, hvor der i visse tilfælde kan optræde opadrettet regn på grund af vindforholdene omkring kanter og hjørner. I modsætning hertil er den samlede vandmængde, der træffer en kvadratmeter facade størst ved fundamentet, hvor alt vand fra hele facaden samles efter at være løbet ned ad facaden. Det vand, der skal bortledes fra selve bygningen, er derfor den regnmængde, der ved slagregn kan ramme facaden. Efter den almindeligt anvendte model svarer det til 30 % af den forventede regnmængde. Hvis der ønskes større sikkerhed kan der evt. tillægges en procentdel af den vandmængde som ved ekstrem nedbør/skybrud rammer taget, og som må forvente at løbe ud over tagrenden og ned af facaderne. Dette er dog ikke taget med i denne rapport, men der er lavet overslag på helt op til den højest målte intensitet i 2011.



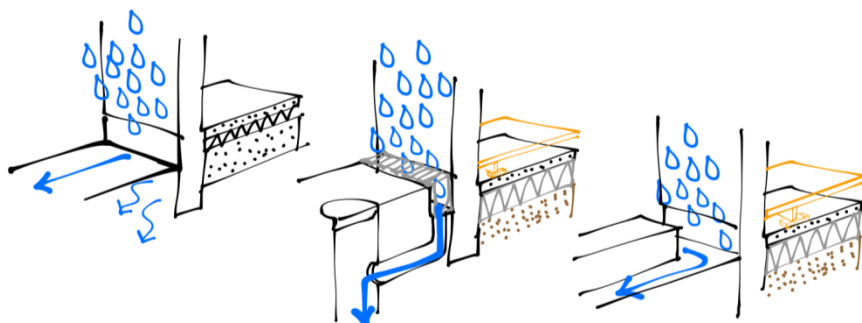
Figur 35: Eksempler på slagregns direkte påvirkning af facader. Mørk farve betyder stor påvirkning, lys betyder lille.

Afledning af regnvand

Som udgangspunkt ønskes bygninger lagt højst muligt i forhold til naturligt terræn, fx ved terrænregulering, så vandet kan løbe væk fra bygningen. I henhold til Bygningsreglement 2010 skal der træffes foranstaltninger dels til bortledning af overfladevand omkring bygninger, dels til sikring af bygningen mod indtrængen af vand. I henhold til DS 432, *Norm for afløbsinstallationer*, etableres der afløb fra enhver flade, der modtager regnvand, fx arealer neden for større facader. Efter SBI-anvisning 230, *Anvisning om bygningsreglement* kan bortledning af regnvand fx sikres ved at etablere terrænfald bort fra bygningen og/eller anvendelse af fast belægning med fald mod afløb.

Efter DS 436, *Norm for dræning af bygværker mv.* må overfladevand ikke uden særlige foranstaltninger ledes til dræn omkring konstruktioner. Anven-

delse af render omkring bygninger til opsamling af vand fra facader mv., må derfor ikke ske, hvor vand fra facaden afledes til drænet. Render må kun anvendes, hvor vandet afledes til afløb eller eventuelt, hvor jorden er selvdrænende (og der derfor ikke etableres dræn), og hvor det er dokumenteret, at nedsivning kan foregå hurtigt nok til at fjerne den forventede vandmængde.



Figur 36: Accepterede metoder til bortledning ifølge DS 436: til venstre nedsivning i selvdrænende jord og udledning over terræn; i midten bortledning fra rende direkte til afløb; til højre fra rende ud over terræn.

Hvis terrænet ikke i sig selv er højt, kan der ved terrænregulering etableres lokale forhøjninger, hvor bygningerne placeres. Terrænregulering/høj placering af bygningen har endvidere den fordel, at oversvømmelser af omgivende terræn ikke umiddelbart udsætter bygningen for eksponering af vand eller fugt.

Hvis en høj placering ikke er mulig, anvendes de sikrest mulige alternativer, dvs. bygninger placeres, så i det mindste de mest sårbare dele kommer over terræn/opstuvningskote for regnvand, eller bygninger udføres af materialer og med konstruktioner, som så vidt muligt kan tåle eksponering af vand op til terrænkote/opstuvningskote.

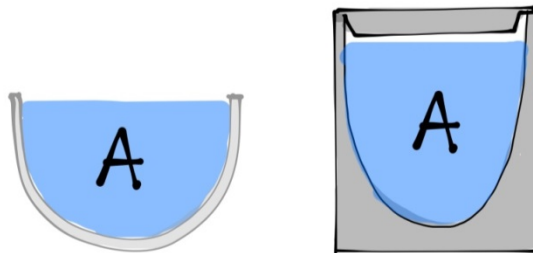
I enkelte tilfælde er det måske kun muligt at anvende løsninger, hvor huset ligger i samme kote som naturligt terræn. I så fald er det nødvendigt at opretholde en sokkelhøjde på 150 mm ved at anvende en rende, som går hele vejen rundt om huset (en såkaldt "voldgravsløsning"). Anvendes denne er det også iht. DS 432, *Norm for afløbsinstallationer* nødvendigt at sørge for egentligt afløb fra selve renderen. Betragtes renderen som analog med en tagrende, kan overslagsmæssig dimensionering foretages med samme værktøjer som kendes fra tagrender, dog med opmærksomhed på, at en rende med fx sten i bunden vil have mindre ledningsevne. Vandledningsevnen er afhængig af størrelse (tværsnitsareal), form og fald på renderen. For helt vandrette render – hvilket vurderes at være den normale situation for render omkring bygninger – har kun størrelsen betydning.

Kapaciteten af (tag)renderen kan for en halvcirkulær rende – og med god tilnærmelse også for rektangulære render – skrives som:

$$q = 0,0000267 \cdot A^{1,25}$$

Hvor:

q er vandledningsevnen i l/s, og A er tværsnittet i mm²



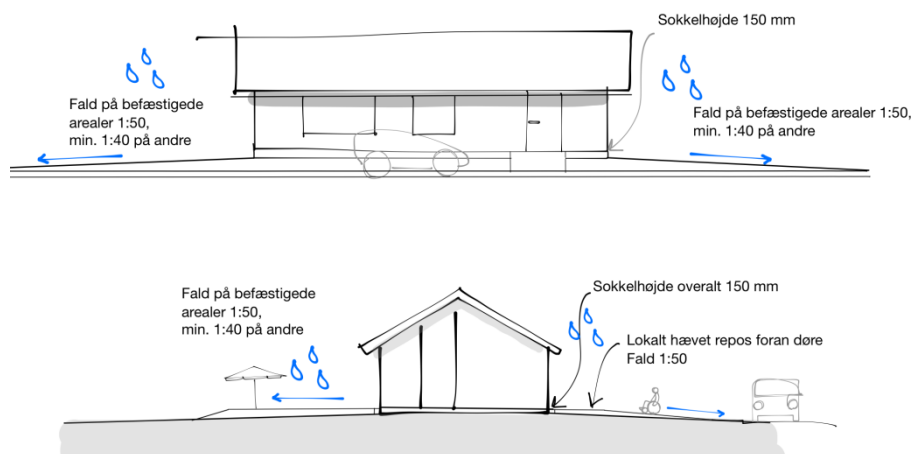
Figur 37. Model af halvcirkulær rende og eksempel på præfabrikeret linjedræn.

For en halvrund rende med en diameter på 100 mm er kapaciteten ved en regnintensitet på facaden regnet som 100 l/s/ha – svarende til de ovenfor nævnte 70 l/s/ha ganget med klimafaktoren 1,4 – tilstrækkelig til at afvande et facadeareal på 80-160 m² afhængigt af placering og kapacitet af afløbet. Det vil sige, at selv en forholdsvis beskeden rende er i stand til at klare det vand der kan forventes fra enfamiliehuse og lignende. Dette gælder også, selvom der regnes med et tillæg på fx 30 % til den anvendte regnintensitet på grund af vand, som løber ud over tagrenden.

Ved større bygninger kan de små præfabrikerede render ikke klare den forventede maksimale vandmængde. Derfor må der ved sådanne bygninger anvendes større render. Bemærk, at blot en simpel rende på fx 150 x 100 mm har et areal som er væsentligt større end en halvcirkulær rende med en diameter på 100 mm (15.000 mm² i stedet for ca. 4.000 mm²), og derfor kan klare afvanding af væsentligt større arealer.

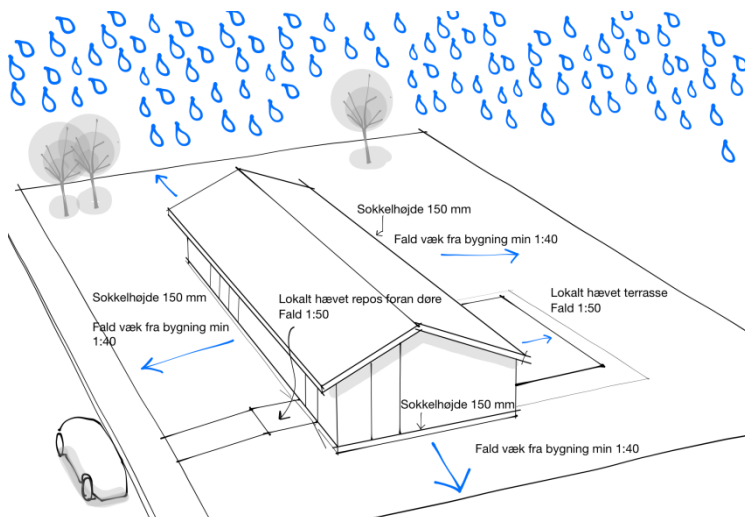
Afvandingen er betinget af, at der ikke forekommer opstuvning i ledningsnettet længere væk fra bygningen, men dette kan godt ske hvert 6.-10. år, alt efter kommunens politik på området. Den lokale opstuvningskapacitet rundt om bygningen og terrænfaldet væk herfra kan derfor blive afgørende for, om sokkelkanten overskrides, hvis vandet opstøver i en rende uden overløb til terræn.

Der kan anvises en række forskellige løsninger, hvor problemet helt undgås. Især peges der på de konstruktivt simpleste, hvor man kun baserer sig på partielle terrænhævninger, så vandet ikke kan stuve op ad soklen, men altid har passage bort fra bygningen vha. terrænfald. Flere af disse er gengivet i afsnittene om muligheder efter bygningsreglementet og anbefalinger.



Figur 38. Eksempler på principløsninger med lokale terrænhævninger, som i høj grad kan forebygge mod vandbelastning på soklen. Her et fritliggende enfamiliehus, hvor der ikke er krav til hældninger på ramper i adgangsarealer, og hvor det derfor er forholdsvis let at lave lokalt hævede reposer og terrasser.

Det forudsættes i det følgende, at terrænet har reglementeret fald væk fra bygningen – se figur nedenfor.



Figur 39. Terrænet udføres efter almindelig praksis – se fx SBI-anvisning 224, Fugt i bygninger - med fald væk fra bygningen for at undgå fugtskader.

Skal drænnormen følges, skal voldgravsløsninger, hvor overgang mellem fundament og ydervæg (fugtspærre) ligger i niveau med terræn på ydersiden af renden, forsynes med et eller flere afløb direkte til kloak. Det skal forhindre, at overgangen fundament/væg udsættes for direkte vandtryk, hvis afløbet ikke fungerer. Alternativt laves renden åben med jævne mellemrum, så vand fra rende og facade ledes direkte over terræn og ikke ned til dræn.

Byggeri i udsatte lavninger

En af de vigtigste forholdsregler, der på et tidligt tidspunkt kan tages af en bygherre, er at vælge en grund, som ikke ligger i de mest udsatte lavninger. Til indledende vurdering af byggegrunde findes en korttjeneste med et særligt lavningskort, som er relevant for fugtsikring/niveaufri adgang. Lavningskortet tilbydes under klimatilpasningsplaner for kommuner og private. Der regnes med, at lavningskortet vil kunne tilgås på www.klimatilpasning.dk. Kortet kan give bygherrer og rådgiver en uforpligtigende indikation af, om en generel hævnning af bygningen og det omliggende terræn er anbefalelsesværdig eller måske ligefrem nødvendig. Hvis matriklen ligger i et af de beregnede lavningsområder, hvor nedbør efter skybrud vil ledes hen, bør mulighederne for at hæve bygningen i forhold til naturligt terræn udnyttes indenfor de rammer, der udstikkes af kommunen. Desuden bør der arbejdes med så store sokkelhøjder som praktisk muligt i forhold til kravene om niveaufri adgang. Lavningskortet søger at inkludere oplandenes gennemsnitlige permeabilitet, befæstigelsesgrad, og areal, baseret på et 10 m gridnet. Ved beregningerne er anvendt definitionen på skybrud som værende mindst 15 mm nedbør/30 minutter.



Figur 40. Eksempel på udbredelse af lavninger som funktion af nedbørsmængder – de mest udsatte områder er markeret med blåt.

Nærmere oplysninger om lavningskortet og dets forudsætninger findes på hjemmesiden for klimatilpasning for kommunerne.

Voldgravsløsninger uden afløb

Der har i en periode været anvendt voldgravsløsninger uden afløb, hvor man har baseret funktionen på, at vandet skal fjernes ved nedsivning til dræn. Disse løsninger er i strid med DS 432, Norm for afløbsinstallationer og DS 436, Norm for dræning af bygværker mv. En sådan løsning vil som regel heller ikke være i stand til at fjerne vand fra et skybrud hurtigt nok, se Appendiks 4, som viser resultatet af forsøg med sådanne løsninger. Brede voldgravsløsninger kan evt. anvendes uden afløb, men kun når voldgravens volumen, samt nedsivningsevne i bund og sider er tilstrækkelig - i kombination med selvdrænende jord.

Hvor man ønsker at dimensionere løsninger, der kan håndtere de situationer, hvor der kunne ske opstuvning i ledningsnettet – dette kan være hvert 5-10 år i nogle kommuner – er der lavet overslag på hensigtsmæssige voldgravsløsninger, gradueret efter antal etager i bygningen og forskellige dimensionerende nedbørsmængder, inkl. de maksimale værdier fra oversvømmelserne i København 2011.

Dæmpning af opsprøjt

For at beskytte fugtfølsomme dele på facaderne anbefales arealerne langs bygningen også udformet, så facaderne i rimelig grad beskyttes mod opsprøjtende regnvand. Opsprøjt regnes traditionelt for at give ekstra vandbelastning og måske misfarvning og begroning, men er dog mindre betydningsfuld end den direkte vandbelastning, hvis der findes korrekt udført tagrende. Manglende tagrende som ved ældre huse og skure kan give et stort ekstra bidrag.

Lav grad af misfarvning på grund af opsprøjt kan opnås ved en passende sokkelhøjde, og ved at anvende overflader på terræn/belægning, som dæmper opsprøjt eller lader regnvand trænge igennem uden at sprøjte op.

Der er i forbindelse med projektet lavet en række forsøg som vist i Appendiks 1. Konklusionen af forsøgene er i grove træk følgende:

- Hårde, plane overflader, fx fliser, giver mere opsprøjt end mere irregulære overflader, fx med græs eller sten. Betonfliser er i forsøg målt til at returnere mest regnvand - op til 15 % af nedbøren - på en facade umiddelbart ved siden af 0-170 mm højde, Synlig tilsmudsning kan konstateres at forekomme også højere oppe. Forskellige størrelser og former på overflader som stensenge og riste dæmper opsprøjtet forskelligt. Særlige forhold som facadeorientering i forhold til primær vindretning og materialevalget på facaden vil kunne tilsige om man bør have en større sokkelhøjde.
- Ved anvendelse af rander med riste er ristens udformning af betydning for, hvor meget opsprøjt der sker. Almindelige gitterriste bidrager stort set ikke til opsprøjt, medens rander med mere lukkede overflader kan give et vist mål af opsprøjt. Se figurerne herunder.
- Ved rander med en bredde ned til 200 mm er der ikke målt væsentlig forøget grad af opsprøjt, dvs. belægningen ved siden af randen synes af mindre betydning, hvis randen er mindst 200 mm bred.



Figur 41. Opsprøjt fra regn omkring lodret retning. Betonfliser vil normalt give væsentlig mere opsprøjt end irregulære overflader som granitskærver. Foruden opsprøjt i form af vand kan fx jordoverflader også give tilsmudsning.



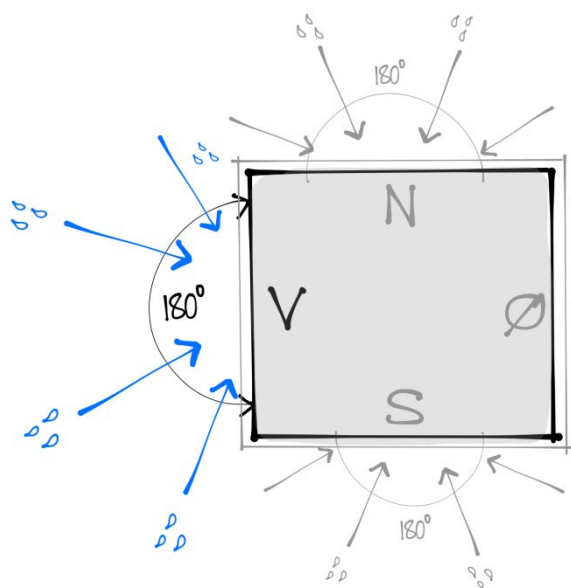
Figur 42. Riste med forholdsvis åben overflade og lav grad af opsprøjt. Hvis ristens bredde kommer under 200 mm kan belægningen ved siden af risten være af betydning for graden af opsprøjt.



Figur 43. Mere lukkede overdækninger giver mere opsprøjt.

Vurdering af opsprøjt ud fra DRY 2001-2010

Dæmpning af opsprøjt spiller en vigtig rolle for de hidtidige udformninger af løsninger til niveaufri adgang, fx mht. overflader, som dæmper/reducerer opsprøjt, afstande og højder. Det store spørgsmål vedrørende opsprøjt er, hvor vigtig en opfugtende faktor, det er i forhold til øvrige bidrag. Kombineres de i forsøgene målte værdier for opsprøjt med datasæt fra DRY 2001-2010¹, kan forholdet mellem den vindrevne regn og opsprøjt på forskellige facaderetninger sammenlignes. Der er her benyttet en simplificeret model med 4 facader, som udsættes for regn fra de vindretninger, der ligger indenfor 180 grader synligt fra hver facade.



Figur 44. Model for beregning af nedbør på facader i 180 graders intervaller. For direkte nedbør kompenseres for vandret og lodret vinkel på facaden; for opsprøjt kompenseres ikke, fordi der anvendes den maksimale procent af opsprøjt i forhold til regnmængde til alle sider fra forsøgene i appendix 2.

Ud fra datasættet til DRY 2001-2010 er trukket følgende gennemsnitlige faldvinkler for slagregn, baseret på timedata for vind og den gennemsnitlige timenedbør. Bemærk, at der ikke findes reelle tal for timenedbør i referenceåret, hvorfor en gennemsnitlig timenedbør er antaget for alle vindretninger. Der er anvendt vinddata for station 6052, som ligger langt mod vest i landet, og der er antaget en gennemsnitlig faldhastighed for regndråber² på 9 m/s.

¹ DMI. (2011). Teknisk rapport 11-13, Ekstrem nedbør i Danmark – opgørelser og analyser foråret 2011
² Beard, K.V. Terminal Velocity and Shape of Cloud and Precipitation Drops. Journal of the Atmospheric Sciences (May 1976): 851-864.

Tabel 4. Gennemsnitlig vinkel af slagregn på fire facaderetninger efter datasæt til DRY 2001-2010, beregnet ved lodret faldhastighed for regn 9 m/s. Station 6052 i Vestjylland.

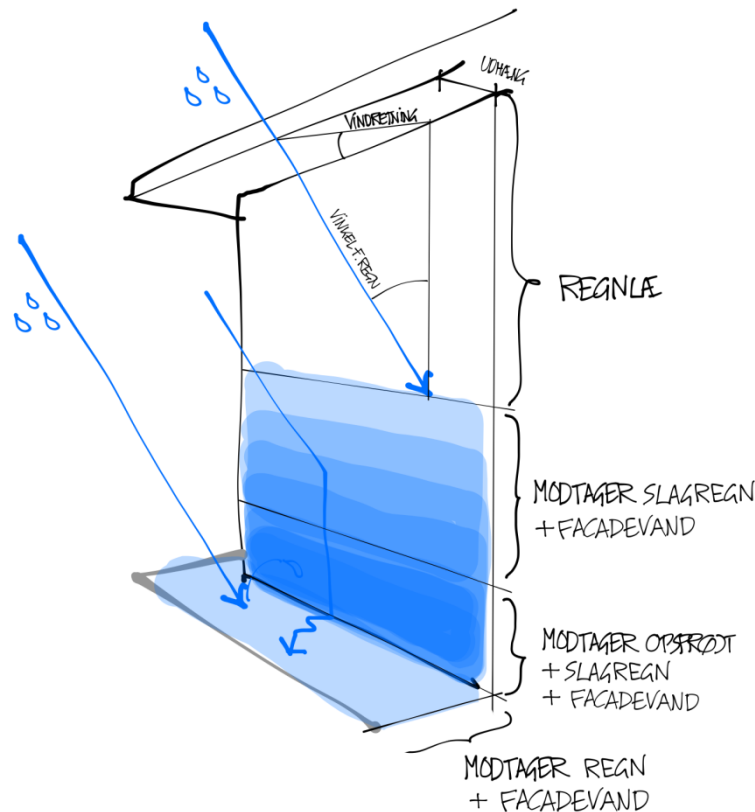
Facade	Gennemsnitlig vinkel, grader fra vandret	Antaget faldhastighed, regn
Vest	52	9 m/s
Syd	58	9 m/s
Øst	61	9 m/s
Nord	54	9 m/s

Tabel 5. Teoretisk vandret komponent af regn på de fire facaderetninger, udregnet ved kombination af timedata for vind, vindretning, tilhørende faldvinkler og gennemsnitlig timenedbør på årsbasis. Station 6052.

Facade	Vandret komponent, nedbør, mm	Andel af nedbør på facade
Vest	290	41%
Syd	150	21%
Øst	140	20%
Nord	120	17%

Hvis der regnes med den gennemsnitlige timenedbør jævnt fordelt over hele året, modtager modellens fire facader modtager omkring 15 til 40 % af den målte nedbør i mm. En vestvendt facade modtager i størrelsesordenen 2-3 gange så meget regn som de øvrige. Der er inkluderet regn fra alle retninger, som kan ramme en facade, dvs. i 180 graders intervaller, og kompenseres for vinklen. Vest og syd underestimeres, når der kun bruges gennemsnitstal for regn pr time, men korellerede timedata for nedbør, vindretning og hastighed findes ikke i DRY 2001-2010. Det har dog ikke så stor betydning mht. at belyse forholdet mellem opsprøjt og slagregn, som mere er afhængig af vindstyrke og retning.

Ser man på den mest udsatte facade, vest, modtager denne ud fra gennemsnitsbetragtningen omkring 290 mm vand pr år i 180 graders intervallet. Bidraget fra hver vindretning er korrigeret efter vindretning og vinkel i forhold til vandret på facaden. Regn fra vindretninger tæt på nord og syd vil således give et meget lille bidrag. Opsprøjt fra regn i 180 graders intervallerne er ikke reduceret i forhold til vinkel, da der regnes med samme værdi for opsprøjtet til alle sider. Dette stemmer nogenlunde med målingerne på nedbør med lave vindhastigheder, men passer sandsynligvis ikke ved højere vindstyrker. Den konstante værdi, regnet som en procentværdi af nedbøren, er dog anvendt alligevel, da den rumlige udbredelse af opsprøjt ikke kendes bedre end det i appendix 2 målte. Med opsprøjtet medregnet øges den direkte belastning på den nederste del af facaden med omkring 60 mm pr år, dvs. med omkring en femtedel.



Figur 45. Simplificeret model for slagregn, der rammer en facade i forhold til opsprøjt, samt hvor store mængder facadevand, der siver ned ved soklen eller ledes bort ud over terræn. Slagregnen, der driver ned over facaden, giver en samlet eksponering af de nederste dele, der er langt større end opsprøjts. Det er tvivlsomt, om opsprøjt har særlig stor fugtmæssig effekt i det samlede billede.

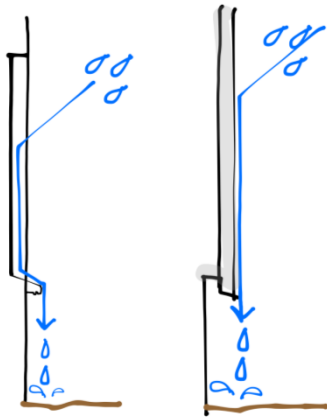
I perioder med stille vejr – her sat til vind under 1 m/s - og hvor opsprøjt står for det dominerende fugtbidrag på det nederste af en facade, falder der efter station 6052 i Nordvestjylland datasættet kun omkring 10 mm nedbør pr år. Bidraget fra opsprøjt er derfor meget lavt, kun i størrelsesordenen 1,5 mm pr år. Der vil være afvigelser fra disse tal, hvis de reelle nedbørsdata fandtes, men størrelsesordenen formodes ikke at ændres væsentligt.

Foreløbige konklusioner er:

- opsprøjt i stille vejr ses ikke at have nogen væsentlig opfugtende effekt
- direkte slagregn og den samlede mængde vand, der passerer den nederste del af facaden, er mængdemæssigt mange gange større end fra opsprøjt; i størrelsesordenen 40 gange

I andre lande, hvor der måske er relativt længere perioder med stille vejr, vil opsprøjt have en større andel i den samlede opfugtning, og under forhold med meget sne og tøvejr, hvor tagrender er sat delvis ud af drift, vil opsprøjtet både være kraftigere, udgøre en større andel, og virke højere op på en facade.

Niveaufri adgang er et relativt nyt fænomen, der naturligt skaber usikkerhed om uønskede sideeffekter, men set i forhold til tidligere byggeri, har trappe-trin foran indgange altid givet nøjagtig samme problematik som hævet terræn mht. opsprøjt. Sålbænkes hældning er ikke altid tilstrækkelige til hindre opsprøjt på det nederste af vinduer, eller at sne bliver liggende.



Figur 46. Der kan dryppe meget store mængder vand ned fra glaspartier og tætte facader, og måske på en måde, der - via opsprøjt - forårsager transport af materiale fra terræn til facade, og misfarver denne uønsket.

Opsprøjt bør dog ikke fjernes helt fra billedet af uønskede effekter på facadelementer, da mekanismen stadig kan være uønsket fx pga.:

- transport af jordpartikler, bakterier, svampesporer og deraf følgende misfarvning og begroning
- en relativt større effekt ved fx skure og udhuse uden tagrende
- lidt større risiko for nedbrydning af organiske materialer pga. længere perioder med opfugtning

Foto fra forsøg viser også, at selv kortere regnskyl kan flytte partikler fra terrænoverflader til facader i synlige mængder.

Forhold mellem nedsivning og bortledning over terræn

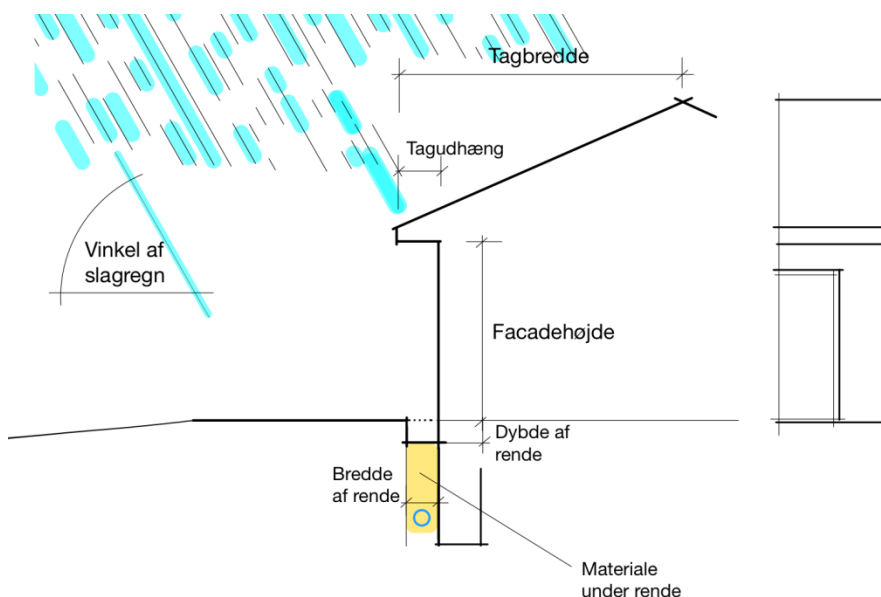
Hvis brugen af render langs facader med hævet terræn skal vurderes i forhold til normale forhold uden render, hvor vand kan sive ned eller bortledes ud over terræn, er det en fordel at kende spektret for de normale forhold. Når der ikke må nedsives særlige mængder facadevand til dræn, er det fx interessant at vide, hvilke vandmængder, der normalt siver ned ved fx enfamiliehuse.

Der er valgt anvendt en model med følgende variationsmuligheder:

- Facade mod vest
- Opsamlingsareal langs facade 0-500 mm
- Tagudhæng 0-600 mm
- Facadehøjde 3000-18000 mm
- Vinddata tages fra datasæt for 2001-2010, station 6052
- Vinkel for slagregn som gennemsnit for vestfacade i DRY 2001-2010
- Den samlede nedbør forekommer indenfor max en time
- Nedsivningsværdier for terræn ud for sokkel, eller i rende:
 - 0,36 mm/time (lerjord uden ormegange)
 - 3,6 mm/time (silt/befæstet bund/linjeafvanding til opstuvet kloak)
 - 36 mm/time (sand)
 - 130 mm/time (havejord indsivningsevne som målt i Appendix 2)
 - 1500 mm/time (grus)
- 3 forskellige nedbørsmængder pr time:
 - Dimensionerende nedbør i SBI 92-1; klimafaktor 1: 25 mm/time
 - dimensionerende nedbør i SBI 92-1, klimafaktor 1,4: 35 mm/time

- maksimal nedbør over 1 time i København, Botanisk Have 2011: ca. 100 mm/time

Eksempler på beregningsresultater



Figur 47. Model af facade.

Hovedkonklusioner ved gennemsnitlige døgnedbørsmængder

For silt, sand, havejord og grus er der efter beregningerne ikke særlig forskel på hvor meget vand, der siver ned ved soklen ved en facadehøjde på 3000 mm, uanset om der er en rende på fx 300 mm bredde eller ej. Den gennemsnitlige dagsnedbør kan nå at sive ned ved soklen, uden at der er behov for at aflede vand ud over terræn. Hvis der er tale om lerjord er der forskel; her vil renden tvinge mere vand ned ved soklen, end hvis der fri afledning af vand ud over terræn, dvs. det vand, som ved lerjord normalt ville blive afledt ud over terræn, holdes tilbage i renden og siver ned.

Øges facadehøjden til fx 6000 mm ændres billedet lidt; her vil der også ved silt ske en forøget nedsivning af facade- og overfladevand ved soklen, hvis der anlægges en lukket rende.

Tagudhæng har ikke den store betydning for de samlede vandmængder, der skal bortledes.

Se også appendix 3 for uddrag af regneark, eller selve regnearket.

Hovedkonklusioner ved skybrud

Ved skybrud har den lukkede rende helt utilstrækkelig nedsivningskapacitet; kun ved grusmateriale i bunden vil den undgå at blive fyldt til overkanten ved uheldige kombinationer af vindretning og -styrke. Der er således risiko for, at vandstanden kan nå op til overkant af soklen og sive ind i et terrændæk. Det gælder både ved etagehøjder svarende til en enkelt etage og højere. Ved le- rede jorder eller silt i bunden af en rende er lukkede render ikke anbefalelsesværdige overhovedet.

Se også appendix 3 for uddrag af regneark, eller selve regnearket.

I praksis spiller andre forhold selvfølgelig også ind. Det er fx sjældent, at besigtigede render har været helt tætte. Ved fx enfamiliehuse med lukkede render omkring bygningen vil der også være et reservevolumen på læsiderne, hvor slagregnen ikke rammer, og det nedsætter risikoen for fyldning til kanten ved både sand og havejord.

Nedsivning og overfyldning af render

På årsbasis er der efter modellen ikke særlig forskel på, om der anvendes lukkede render eller ej omkring en fritliggende bygning med en enkelt etage, når det gælder hvor meget vand, der siver ned ved soklen. Der kan for denne bygningstype derfor stilles spørgsmålstejn ved, om drænnormens krav om at der kun accepteres nedsivning af vand fra lyskasser og overdækkede trappeskakte er helt velbegrunder. Kravet burde hænge sammen med et krav om, at overflader ud for soklen skal udføres med lille nedsivningsevne, hvis soklen skal beskyttes effektivt mod nedsivende facade- og overfladevand. I SBI anvisning 224, Fugt i bygninger, foreskrives det at anlægge omfangsdræn i alle tilfælde, hvor der ikke er selvdrænende jord – dvs. næsten altid. Da der således ved nybyggeri altid må forventes at være mulighed for at vand kan sive ned langs fundamentet og blive bortledt, forekommer det oplagt at anvende denne mulighed for afledning af vand, hvor det er muligt.

I det samlede billede er det er rendernes begrænsede kapacitet ved skybrud, der bekymrer mest. Ved nedbørsmængden på 35 mm/time svarende til en klimafaktor på 1,4 er det muligt, at lukkede render fyldes. Ved scenarier som i København 2011 er det uundgåeligt, at det sker.

Anlæg til niveaufri adgang bør derfor ikke alene basere sig på nedsivning eller afløb til kloak, men have indbygget sikkerhed i form af lokal terrænhævning og afløb ud over terræn.

Facadehøjde 3000 mm	Døgnedbør 2,5 mm pr 24 timer, 300 mm bredt areal ved sokkel	Døgnedbør 2,5 mm pr 24 timer, lukket rende med bredde 300 mm	Skybrud, 35 mm pr time, 300 mm bredt areal ved sokkel	Skybrud, 35 mm pr time, 300 mm bred lukket rende
Ler (0,36 mm/time)	Over terræn	Stående vand i rende	Over terræn	Rende fyldes, risiko for vand over sokkel
Silt (3,6 mm/time)	Primært nedsiv- ning v. sokkel	Nedsivning v. sokkel	Over terræn	Rende fyldes, risiko for vand over sokkel
Sand (36 mm/time)	Nedsivning v. sokkel	Nedsivning v. sokkel	Over terræn	Rende fyldes, risiko for vand over sokkel
Havejord (150 mm/time)	Nedsivning v. sokkel	Nedsivning v. sokkel	Over terræn	Rende fyldes, risiko for vand over sokkel
Grus (3600 mm/time)	Nedsivning v. sokkel	Nedsivning v. sokkel	Nedsivning v. sokkel	Nedsivning v. sokkel

Figur 48. Vandbortledning og fyldning. Eksempel med en vestfacade med højde som en enkelt etage. Materiale og nedbørsmængde er bestemmende; tagudhæng har mindre betydning. Ved dage med en gennemsnitlig døgnedbør på 2,5 mm/24 timer vil langt det meste facadevand sive ned ved siden af soklen, med mindre arealet er befæstet eller består af materiale med meget lav permeabilitet. Der er stor risiko for fyldning af lukkede render ved skybrud ved alle bundmaterialer undtagen grus; eller hvis en rendes afløb ikke fungerer.

Facadehøjde 6000 mm	Døgnedbør 2,5 mm pr 24 timer, 300 mm bredt areal ved sokkel	Døgnedbør 2,5 mm pr 24 timer, lukket rende med bredde 300 mm	Skybrud, 35 mm pr time, 300 mm bredt areal ved sokkel	Skybrud, 35 mm pr time, 300 mm bred lukket rende
Ler (0,36 mm/time)	Over terræn	Stående vand i rende	Over terræn	Rende fyldes, risi- ko for vand over sokkel
Silt (3,6 mm/time)	Delvist over ter- ræn	Nedsivning v. sok- kel	Over terræn	Rende fyldes, risi- ko for vand over sokkel
Sand (36 mm/time)	Nedsivning v. sokkel	Nedsivning v. sok- kel	Over terræn	Rende fyldes, risi- ko for vand over sokkel
Havejord (150 mm/time)	Nedsivning v. sokkel	Nedsivning v. sok- kel	Over terræn	Rende fyldes, risi- ko for vand over sokkel
Grus (3600 mm/time)	Nedsivning v. sokkel	Nedsivning v. sok- kel	Nedsivning v. sok- kel	Nedsivning v. sok- kel

Figur 49. Eksempel med 6000 mm høj vestvendt facade. Bortledning af vand sker omtrent som ved den lavere 3000 mm høje facade ovenfor, dvs. der nedsives samme størrelsesorden af facade- og overfladevand ved løsninger med og uden rende, hvis nedsivningsevnen er som silt, eller højere. Risikoen for fyldning af render ved skybrud øges med facadehøjden, både for de lukkede render og for render med ikke-fungerende afløb. Kun render anlagt på bund med meget høj nedsivningsevne fyldes ikke.

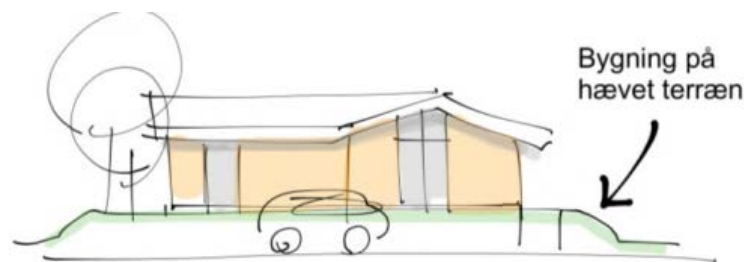
Muligheder efter bygningsreglement 2010

En nærmere analyse af bygningsreglementets tilgængelighedsbestemmelser viser, at det er muligt at planlægge sig helt eller delvist ud af øget følsomhed for klimaforandringer i nybyggeri i forbindelse med niveaufri adgang, hvis kombinationen af bygning og omgivende terræn vælges rigtigt. Eksempelvis kan det bemærkes, at fritliggende enfamilieboliger udført iht. BR 10 ikke er omfattet af de samme krav til svage stigninger i adgangsarealer som sammenbyggede boliger eller etageboliger. Det er derfor relativt let at udføre et fritliggende enfamiliehus med effektiv sokkelhøjde på 150 mm eller mere. Det kan også udnyttes, at der i princippet ikke er krav om ramper mv., når der ikke er et egentligt adgangsareal til en indgang, fx gælder dette en del terrasser. Endvidere kan mulighederne for lokale reguleringer af terræn, hævet repos og rampe ved indgange anvendes i højere grad end hidtil. Flere af eksemplerne i afsnittet om byggeskik er netop eksempler på løsninger, der grundlæggende ikke giver problemer ved øgede nedbørsmængder.

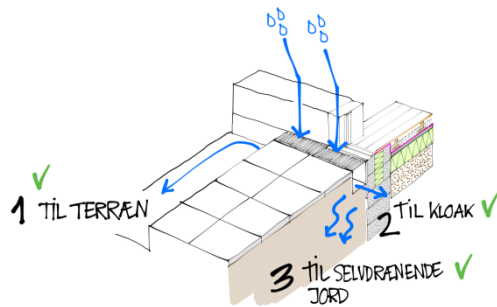
I det følgende vises nogle typer af løsninger, som kan anvendes til at sikre bygningen bedst muligt mod fugtskader og samtidig sikre niveaufri adgang. I tilknytning til omtale af de enkelte typer er det i tabelform beskrevet under hvilke betingelser, de kan anvendes efter bygningsreglement 2010. Der er suppleret med en vurdering af eventuelle nødvendige omkostninger til klimatilpasninger. Mest anbefalelsesværdige er løsninger, hvor sokkelhøjden er bevaret, og hvor der kun er lokale terrænhævninger foran døre og terrasser.

Sidst i afsnittet omtales forskellige typer af rendeløsninger.

A. Bygning på hævet terræn (varft-princippet)



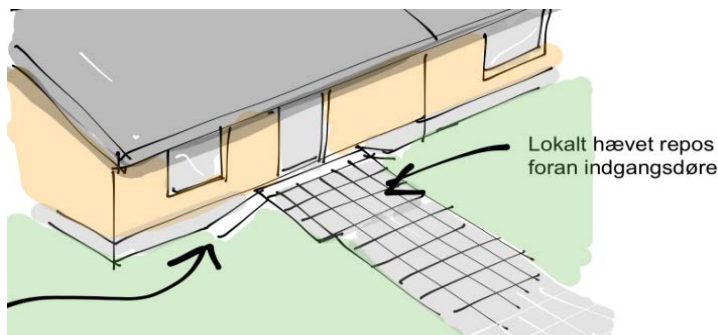
Figur 50. Hvis der er tale om lavtliggende terræn, kan en mindre terrænregulering løfte bygningen. 0,5 m regulering i forhold til naturligt niveau er ofte tilladt. Fuld sokkelhøjde og lokale ramper kan give yderligere sikkerhed mod oversvømmelse ved skybrud. Vand fra render ved indgang, terrasse mv. afledes til terræn.



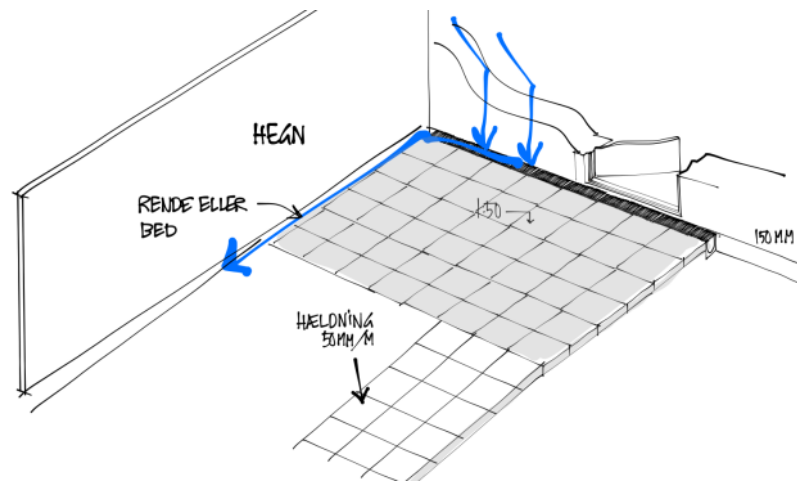
Figur 51. Ved bygninger på hævet terræn er der gode muligheder for at lede vand ud over terræn vha. render som munder ud over naturligt terræn.

Bygning hævet over naturligt terræn vha. terrænregulering eller højere sokkel	Anvendelig efter BR 10?	Ekstraomkostninger som følge af klimatilpasning?
Byggeri med offentlig adgang, kontor og administration:	Ja, så længe der er plads til 1:20 rampe fra vej.	Ja, hvis der vælges terrænregulering. Evt. ingen hvis der vælges lidt højere sokkel
Etageboliger:	Ja, så længe der er plads til 1:20 rampe fra vej. Lettest ved terrasser uden adgangsareal	Ja, hvis der vælges terrænregulering. Evt. ingen hvis der vælges lidt højere sokkel
Sammenbyggede enfamilieboliger:	Ja, så længe der er plads til 1:20 rampe fra vej. Lettest ved terrasser uden adgangsareal	Ja, hvis der vælges terrænregulering. Evt. ingen hvis der vælges lidt højere sokkel
Fritliggende enfamilieboliger:	Ja, meget anvendelig, da der ingen krav er til rampehældninger ved denne bygningstype. Det anbefales dog at ramper ikke har større hældning end 1:10	Ja, hvis der vælges terrænregulering. Evt. ingen hvis der vælges lidt højere sokkel

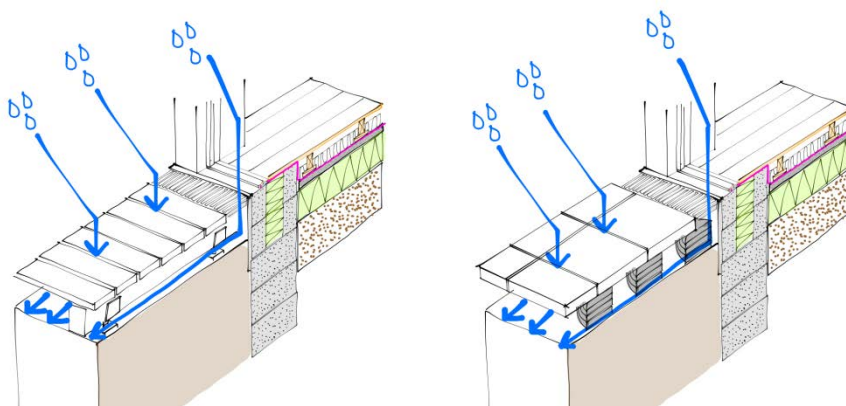
B. Lokalt hævet repos med adgangsareal



Figur 52. Lokalt hævet repos og rampe ved indgangsdør. Vand fra rende ledes til terræn med fald væk fra bygningen.



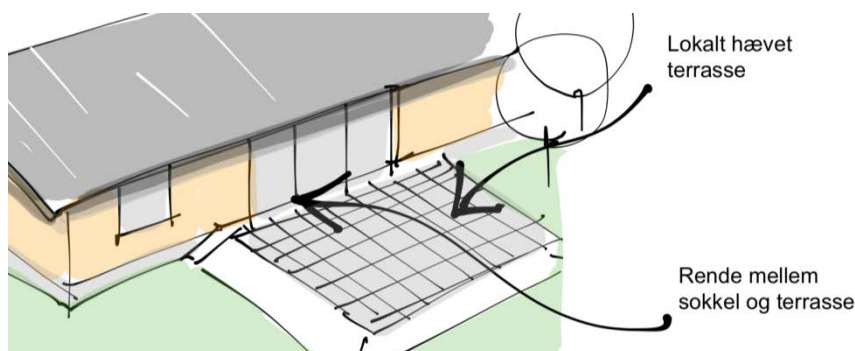
Figur 53. Hævet areal ved indgangsdør i rækkehus, hvor der iht. BR 10 er krav om ramper med lav hældning på adgangsarealet. Vand fra rende med lukket bund ledes til terræn, fx via forsænket bed eller rende som ved LAR-løsninger.



Figur 54. Løsninger med hævede indgangspartier, hvor terræn ikke hæves. Belægning hviler på understøtninger efter samme princip som ved fx tagterrasser.

Lokalt hævet repos med rampe	Anvendelig efter BR 10?	Ekstraomkostninger som følge af klimatilpasning?
Byggeri med offentlig adgang, kontor og administration:	Ja, hvis hældninger kan holdes under 1:20. Ved ombygninger i matrikelskel kan der evt. lempes.	Nej. Uforandrede udgifter til evt. rende mellem repos og sokkel
Etageboliger:	Ja, hvis hældninger kan holdes under 1:20	Nej. Fuld sokkelhøjde plus lokalt hævede reposer og terrasser. Eventuelle render forbindes direkte til kloak.
Sammenbyggede enfamilieboliger:	Ja, hvis hældninger kan holdes under 1:20. Kan dog være vanskeligt på små grunde.	Nej. Eventuelle render forbindes direkte til kloak, eller der etableres overløb ud over terræn, fx langs hegn
Fritliggende enfamilieboliger:	Ja. Der er ingen krav til hældning på adgangsareal ved denne type	Nej. Der er som regel plads til at hæve terræn lokalt ved terrasser, fordi der ikke er krav til ramper

C. Lokalt hævet terrasse uden adgangsareal



Figur 55. Lokalt hævet terrasse - uden rampe fra terrassen kan anvendes, når der ikke er et tilknyttet adgangsareal iht. BR 10. Vand fra rende afledes til naturligt terræn med fald væk fra bygningen.

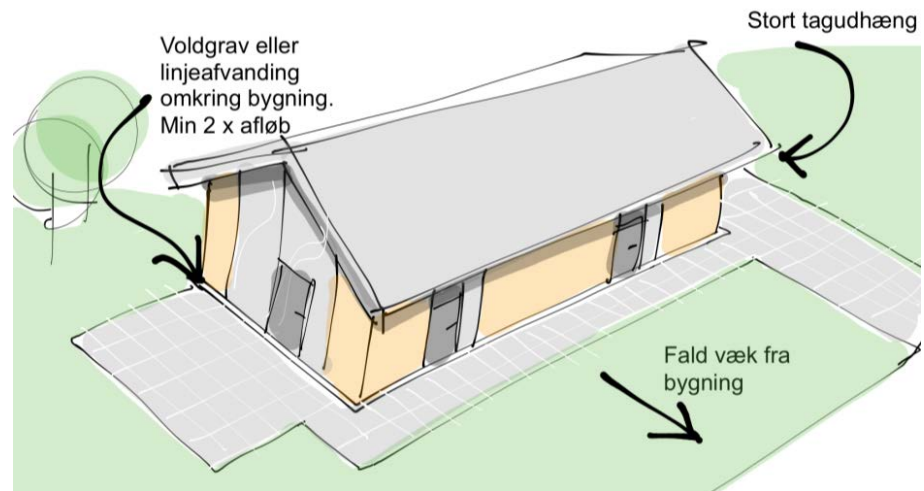
En lokalt hævet terrasse er realistisk, også ved rækkehuse, når der ikke er et egentligt adgangsareal til denne, fordi adgangsmulighed, fx rampe, fra terrasse så kan undværes efter BR 10. Vand fra renden kan ledes ud over terræn på samme måde som nyere LAR-løsninger, eller til et let forsænket bed mellem haverne. Alternativt kobles en gennemgående rende til afløb til kloak.

Renden bør overdækkes med fx gitterriste i hele terrassens længde, så risikoen for at snuble eller køre ud over kanten af renden fjernes. Et tagudhæng kan reducere forekomsten af opsprøjt, og renden derfor reduceres i bredde. Der bør dog være plads nok til at foretage basale vedligeholdelsesarbejder på soklen.

Brug af lokalt hævet terrasse uden rampe	Anvendelig efter BR 10?	Ekstraomkostninger som følge af klimatilpasning?
Byggeri med offentlig adgang, kontor og administration:	Ja, hvis der ikke er et egentligt adgangsareal fra vej eller sti	Nej. Uforandrede udgifter til evt. rende mellem terrænhævning og sokkel
Etageboliger:	Ja, hvis der ikke er et egentligt adgangsareal fra vej eller sti	Nej. Uforandrede udgifter til evt. rende mellem terrænhævning og sokkel
Sammenbyggede enfamilieboliger:	Ja, hvis der ikke er et egentligt adgangsareal fra vej eller sti	Nej. Uforandrede udgifter til rende mellem terrænhævning og sokkel
Fritliggende enfamilieboliger:	Ja. BR 10 har ingen krav til hældning på evt. adgangsareal til denne type	Nej. Uforandrede udgifter til evt. rende mellem terrænhævning og sokkel

D. Bygning med adgangsdøre i højde med naturligt terræn.

Denne løsning bør kun anvendes, når der ikke er andre muligheder. Den kræver, at der er en rende omkring hele bygningen for at sikre en sokkelhøjde på mindst 150 mm. I dette tilfælde kommer soklen primært til at ligge nede i renden (dog skal soklen mindst være 50 mm højere end rendens yderside). Renden skal forsynes med afløb, medmindre der er tale om selvdrænnende jord, og dræn derfor ikke er etableret. Det anbefales, at der etableres 2 afløb til kloak, så vandet fra renden stadig kan afledes, selvom det ene afløb er blokeret. Tilstrækkeligt tagudhæng – fx 600 mm ved et enfamiliehus – reducerer forekomsten af opsprøjt, og gør at renden kan laves relativt smal.

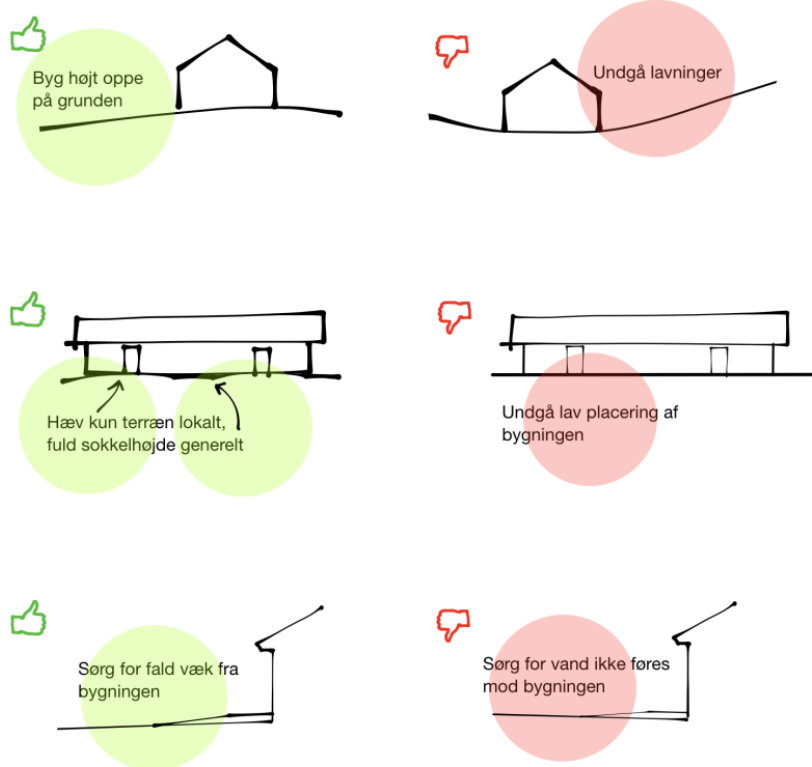


Figur 56. Bygning med rende og befæstede arealer rundt om hele bygningen. Anbefales ikke, men kan bruges ved selvdrænende jord eller ved at sørge for rende med forbindelse til min 2 kloak afløb, og når der er tilstrækkeligt fald væk fra bygningen. En mere sikker variant opnås ved at lave højere sokkel og hæve terrænet lokalt ved terrasser og indgange, samt sørge for at render har afløb ud over terræn. Se løsning type C og D.

Rende langs hele soklen	Anvendelig efter BR 10?	Ekstraomkostninger som følge af klimatilpasning?
Alle typer bygninger:	Tilgængelighedsbestemmelserne tillader løsningen, men den anbefales ikke af fugtmæssige hensyn. Af drænmæssige grunde skal en rende uden afløb ud over terræn forsynes med min. 2 afløb direkte til kloak, med mindre der er tale om selvdrænende jord, fx groft sand.	Nej. Priser pr meter sokkel fx fra kr. 600-3000 som hidtil.

Anbefalinger og løsninger

En række af de vigtigste anbefalinger gentages her i oversigtsform, suppleret med eksempler på kendte og opdaterede løsninger.



Figur 57. Grundlæggende anbefalinger: Byg højt på grunden hvis muligt, undgå lavninger, projekter med fuld sokkelhøjde – mindst 150 mm, hæv kun terræn lokalt, undgå at placere bygningen lavt ift. terræn, sørg for fald på terræn væk fra soklen, og undgå bagfald så vand ledes hen mod bygningen.

Anvendelighed for brugere med et handicap

Når der udvikles nye løsninger til fugtsikker niveaufri adgang, skal en lang række potentielle brugere indtænkes, sammen med fugtrelaterede hensyn, økonomi, drift etc.



Figur 58. Mange hensyn ved niveaufri indgange. Brugbarhed på egen hånd for fx kørestolsbrugere, synshandicappede, gangbesværede, børn, ældre og måske varettransporter skal parres med bygningsreglementets krav og hensyn til klimapåvirkninger.

De mange forhold af vigtighed for brugerne skal ikke behandles i detaljer her, men et af de sikkerhedsmæssige forhold ved indgangspartier og terrasser bør nævnes: Personer, der færdes eller opholder sig på adgangsarealer og terrasser med åbne render til fugtsikring, løber en risiko for at træde ud over kanten på disse. Derfor bør det fremover anbefales at overdække mere af renderne end blot ud for dørene, fx med gitterriste. Det kan betyde en fordyrelse af løsningen, men er som sådan ikke noget, der skyldes klimatilpasning.

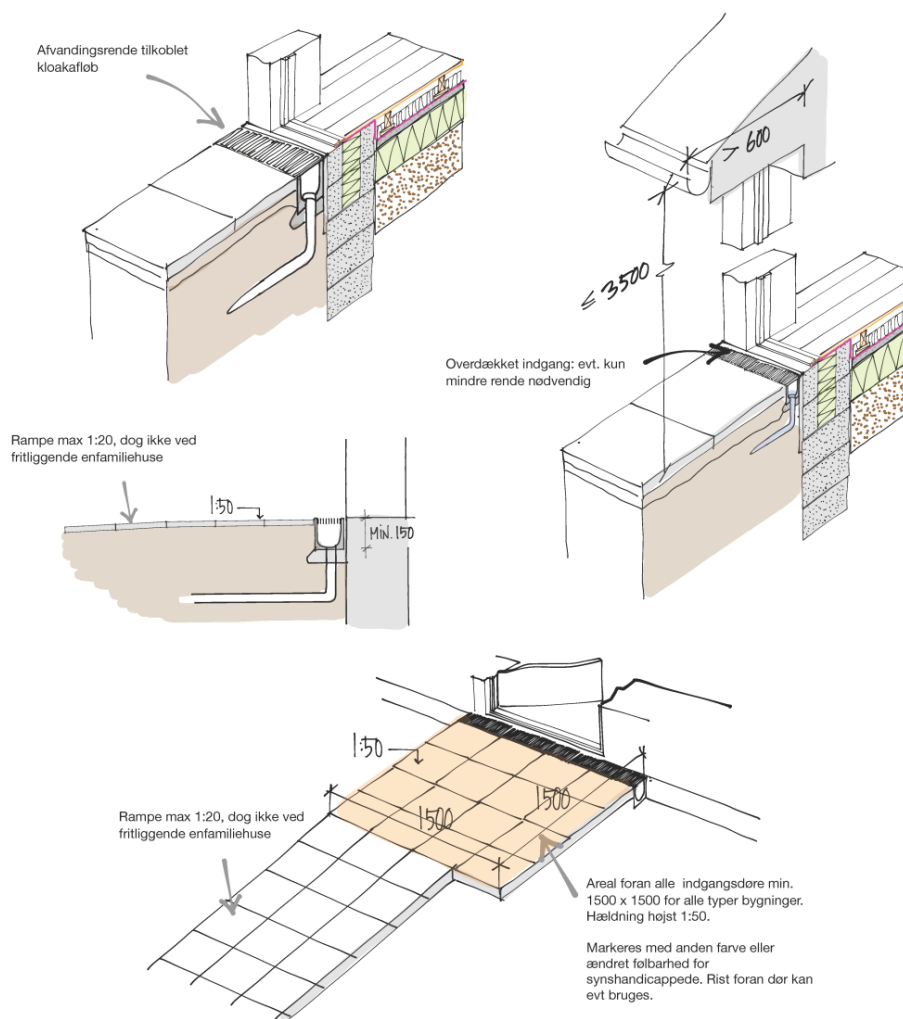


Figur 59. Rende overdækket med rist i det meste af terrassens bredde (til venstre) så man ikke træder ned i renden. Det tilgodeser ældre, udviklingshæmmede, gangbesværede, kørestolsbrugere, børn og mange andre. Til højre: adgangsareal i rækkehusbebyggelse sikret med rende med rist i hele arealets længde.

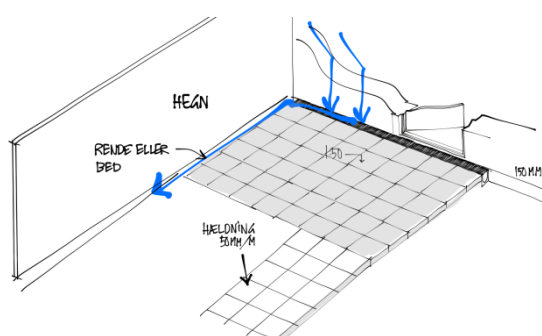
Overdækkede terrasser og indgange er ifølge datasættet for 2001-2010 meget sjældent udsatte for slagregn, og her er det fugtmæssigt vigtigste at adskille jord og sokkel. Dæmpning af opsprøjt med gitterriste mv. er her ikke særligt betydningsfuldt, og man vil ofte kunne klare sig med en relativt smal rende mellem sokkel og terræn.

En metode, der ofte benyttes for at undgå en åben rende, man kan komme til at træde ned i, er at fylde renden op med granitskærver. Skærver dæmper opsprøjt godt og kan anvendes, hvis de holdes mindst 50 mm under vinduer og døre. Det er dog ikke en anbefalet løsning, da små skærver erfaringsmæssigt lettere "kitter til" end større sten, og derved vil reducere rendens ledningsevne. Dette problem findes ikke ved risteløsninger.

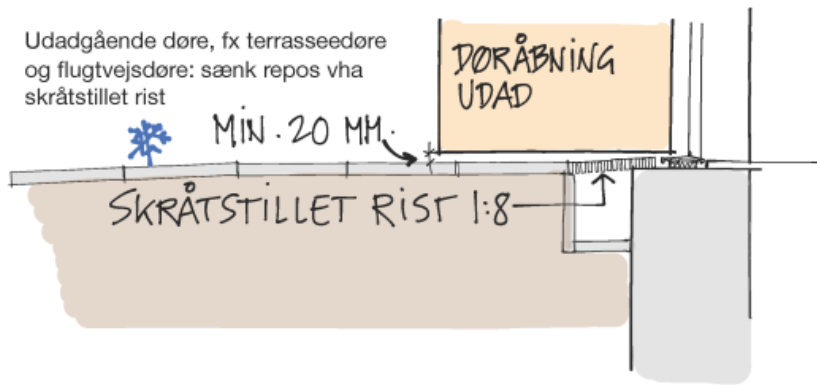
Niveaufri adgang ved indgangsdøre og terrasser



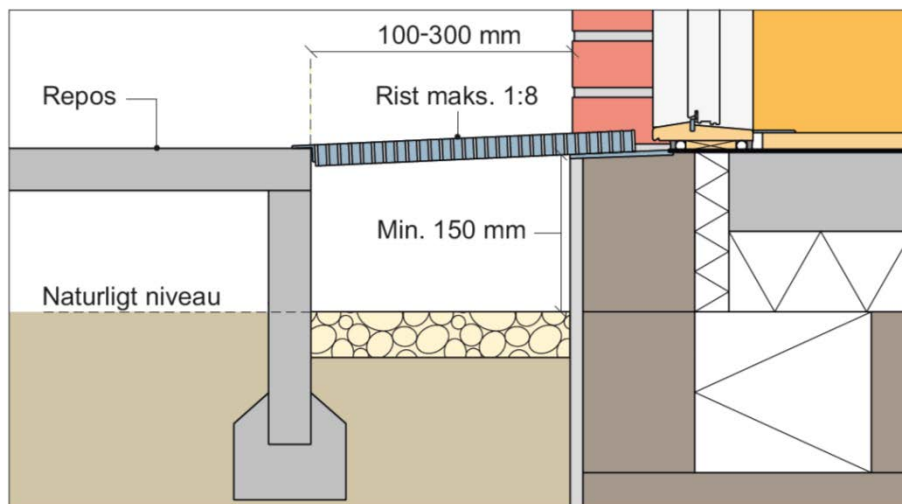
Figur 60. Linjedræn ved hævet terræn med repos eller terrasse til niveaufri adgang. Sokkelhøjde 150 mm bag linjedræn. Ved tilstrækkeligt overdækkede facader kan linjedrænet være smallere. Adgang til vedligeholdelsesarbejde på sokkel er lidt vanskelig.



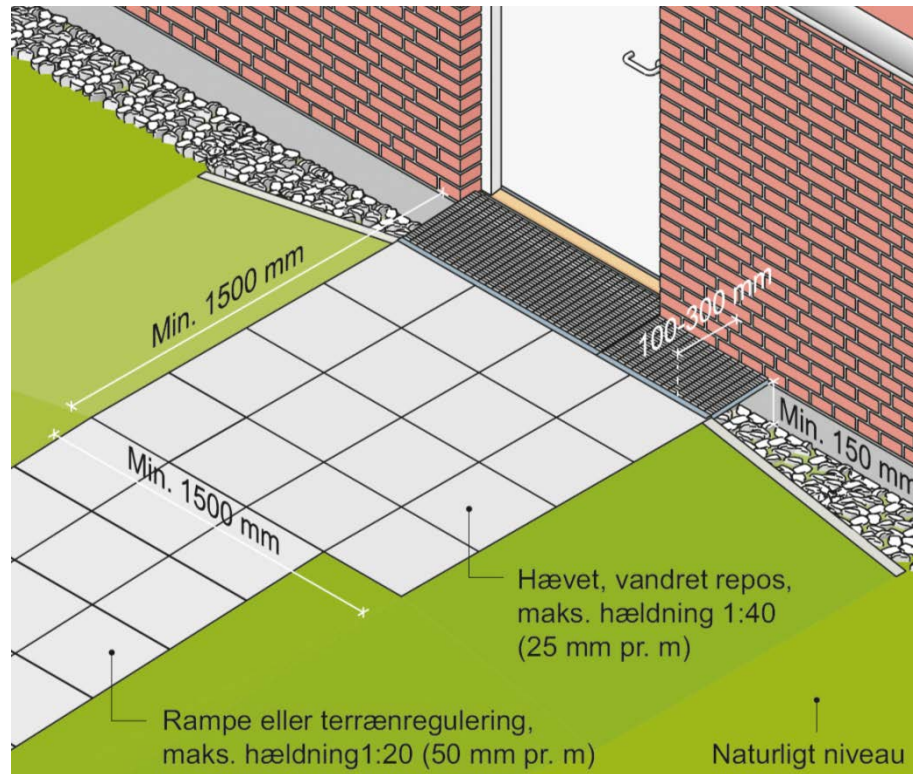
Figur 61. Hævet areal ved terrasse til rækkehus, hvor der iht. BR 10 er krav om ramper med lav hældning på adgangsarealet. Kravet gør det vanskeligere at få plads til rampe og lokalt hævet repos eller terrasse. Vand fra renden ledes derfor i dette forslag til terræn via et forsænket bed eller en rende væk fra bygningen som ved LAR-løsninger. Samme model som i figur til indgangsdør.



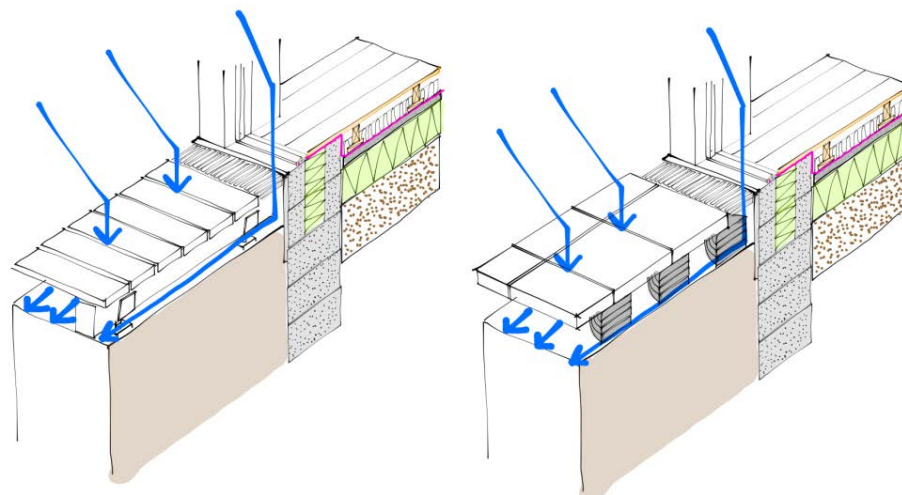
Figur 62. Variant til udadgående terrasse- og flugtvejsdøre med en skråtstillet rist mellem lokalt hævet terræn og dørtrin. Herved kan dørene åbnes, selv om der ligger lidt sten, is eller sne.



Figur 63. Eksempel på detaljering med snit af lokalt hævet repos og rampe ved indgangsdør i væg med øget isoleringstykkelse som følge af nye energiklasser. Det naturlige terræn ligger 150 mm under overkant af betonplade. Stensengen i bunden af renden er i princippet unødvendig, hvis vand ledes bort ud over terræn; den mest sikre løsning. (Fra SBI-anvisning 224).



Figur 64. Eksempel på indgangsparti med lokalt hævet terræn i SBI-anvisning 224, 2. udgave. Gitterristen er udført i bredde 1500 mm svarende til bygningsreglementets mindstekrav til repos foran døre. Stensengen er i princippet overflødig, når der er 150 mm sokkelhøjde, og afvanding kan ske til siderne og ud over terræn. Hvis udhænget over indgangen er tilstrækkeligt, kan risten reduceres i bredde eller fjernes helt. Sokkel og hævet terræn skal dog fortsat adskilles, og der bør være adgang til vedligeholdsarbejder på soklen. (Fra SBI-anvisning 224).



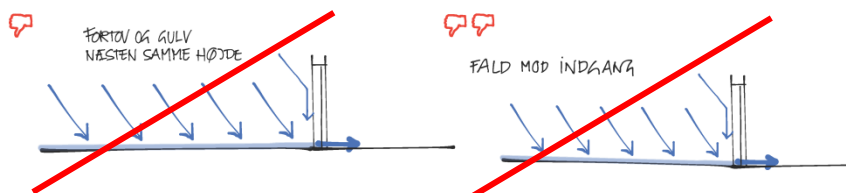
Figur 65. Løsning uden hævning af terræn, hvor træ- eller flisedæk på understøtninger anvendes som repos eller terrasse til niveaufri adgang. Sokkelhøjde 150 mm. Ved tilstrækkeligt stort tagudhæng kan risten undværes. Der bør være adgang til evt. reparationsarbejder på sokkel

Niveaufri adgang i matrikelskel

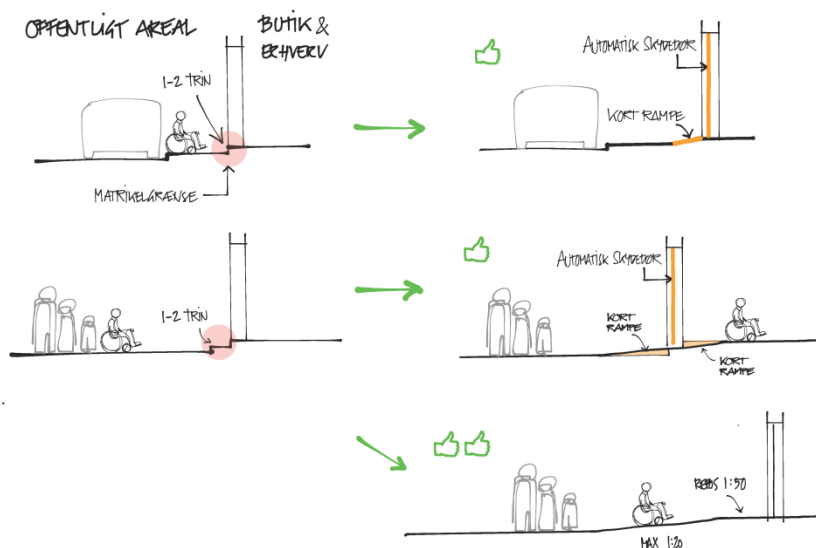
Gadeomlægninger og ombygninger i matrikelskel kræver ofte pladsbesparende, lempeligere løsninger til niveaufri adgang. Det er typisk fra fortov til butik og erhverv, og med mindre hele niveauforskellen kan optages inde i bygningen, arbejdes der oftest med korte ramper med begrænset hældning, som flere kommuner accepterer. Nogle kræver samtidig fuldautomatisk skydedør med føler, når der ikke er plads til vandret repos foran dør. Som over-

ordnet retningslinje er der konsensus om, at de korte ramper ikke bør være stejle end 1:10; i enkelte kommuner er dog valgt 1:12.

Hvis man ønsker at sikre denne type indgange mod de mere ekstreme hændelser som i København 2011, bør der bevares en niveauforskel mellem fx gågadeniveau og butiksgulv. Det er særligt vigtigt ved større gågadeomlægninger, hvor der vælges en hævnings af fortovet og generel udligning så tæt på butiksindganges niveau som muligt.



Figur 66. Situationer der bør undgås ved fx gadeomlægninger: Fortov og indgangsniveau i næsten samme højde giver ringe beskyttelse ved skybrud eller opstigende vand.



Figur 67. anbefalede typer ombygninger i matrikelskel: Der bør bevares en niveauforskel mellem fx gågadeniveau og butiksgulv, særligt ved større gadeomlægninger, for at sikre bedre mod oversvømmelser. Ved pladsbesparende, lempeligere løsninger til niveaufri adgang fra fortov til butik bør niveauforskellen optages inde i bygningen, eller der bør benyttes korte ramper med begrænset hældning, kombineret med fuldautomatisk skydedør med føler. Herved spares areal til repos foran dør. Dette accepterer en del kommuner. De korte ramper bør ikke være stejle end 1:10.

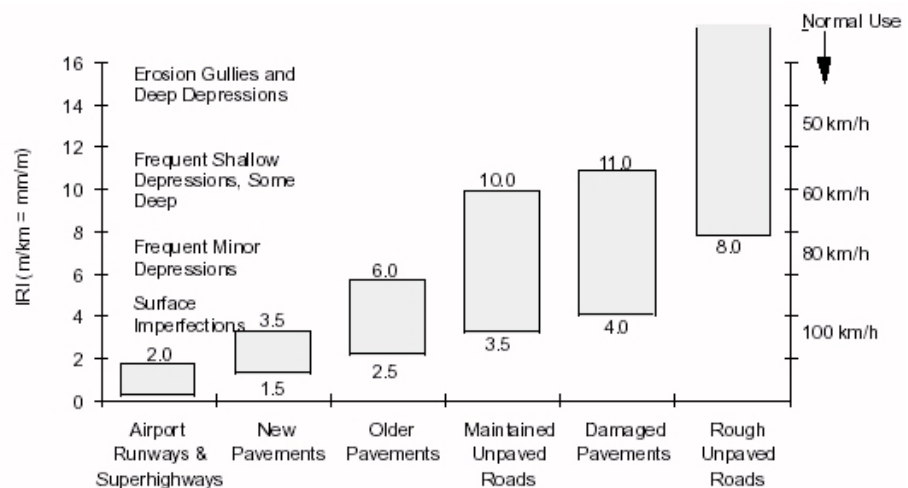
Niveaufri adgang på adgangsarealer og p-pladser

I forbindelse med klimasikring kan permeable belægninger være problematiske i forhold til bestemmelserne om niveaufri adgang i BR 10, der iht. kapitel 2.6.3 også omfatter adgangsarealer. Bestemmelserne betyder, at der skal være en mindst 1,3 m bred belægning, som er jævn, fast og skridhæmmende frem til indgange i bygninger. Flere af de nyligt udviklede LAR-belægninger er meget ujævne, og der bør derfor opstilles krav til overfladebeskaffenheden af belægningerne.

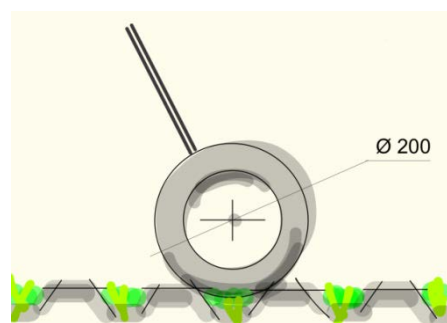


Figur 68. Belægninger med fast og jævn overflade er et krav i BR 10, og det gælder også for permeable belægninger. Græsarmingssten og fliser med store mellemrum til nedsivning som til højre er uegnede for mange med et bevægelseshandicap

De mest ujævne belægninger bør undgås på handicap-parkeringpladser og gangarealer herfra. Græsarmingssten er fx ikke altid jævne nok til at gå på for gangbesværede eller at køre på med rollator eller kørestol. Der er derfor behov for at kunne anvise egnede udformninger, hvor man ønsker større, befæstede gangarealer udlagt som permeable arealer. Der bør udarbejdes en metode til at måle, hvor jævn en belægning er, hvilket er en forudsætning for at stille specifikke krav, fx i bygningsreglementet, og efterfølgende konstatere/vurdere om de er opfyldte. En mulighed er at anvende IRI Roughness skalaen, som fortrinsvis anvendes til vejbelægninger. Her accepteres en ujævnhed ved nye fortove på 1,5 - 3,5 mm pr. meter, og op til 6 mm for ældre fortove. Som modificeret IRI måleprobe for adgangsarealer foreslås et gennemsnitligt rollatorhjul eller et 100-200 mm hjul fra en kørestol.



Figur 69. IRI Roughness Scale (Sayers et al., 1986).

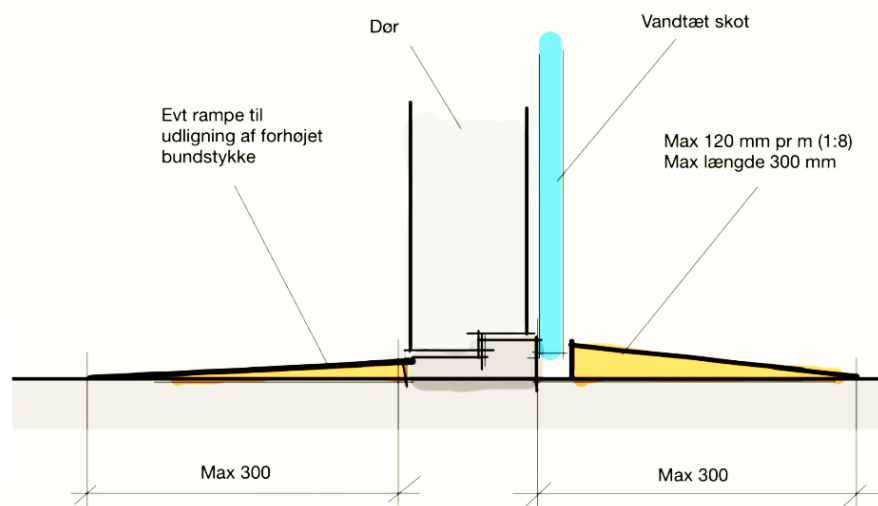


Figur 70. Forslag til måleprobe med størrelse som et gennemsnitligt rollatorhjul til brug på ujævne, permeable belægninger. En diameter på 75-200 mm dækker de fleste størrelser anvendte hjul på hjælpemidler.

Niveaufri adgang i kældre: Dørtrinshøjder og fri passagebredde

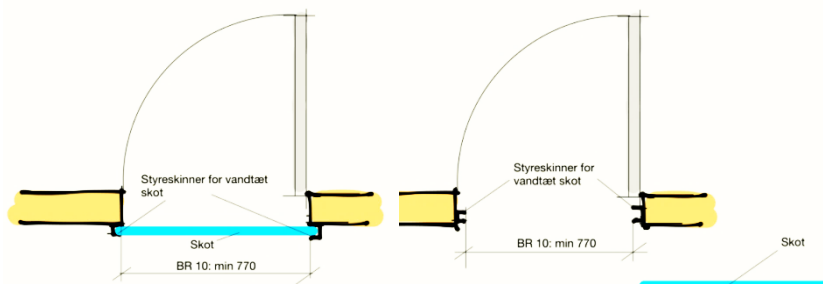
Eftermontering af vandtætte døre eller skots i fx kældergange, der er omfattet af BR 10-krav om niveaufri adgang i fælles adgangsveje, kræver særlig

omtanke. Umiddelbart er det mest hensigtsmæssigt at benytte de samme virkemidler som ved fugtsikring ved indgangsdøre, hvor der tillades korte ramper med hældning op til 1:8. Disse muliggør tilpasning til underkanter af dørblade og dørtrin, og kan evt. udføres, så de er demonterbare i tilfælde af skybrudsvarsel. Det anbefales, at principløsninger for forhøjede dørtrin i fælles adgangsveje medtages i den anvisning som er planlagt udarbejdet efter denne rapport.



Figur 71. Udligning af ekstra højt dørtrin med korte ramper, hvis vandtæt skot skal kunne monteres foran dør.

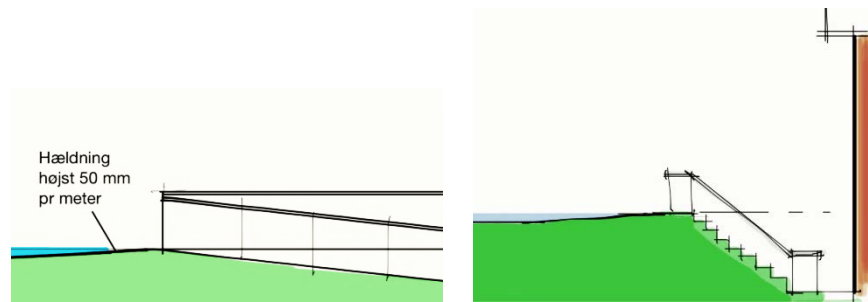
Det er væsentligt at bevare den i BR 10 krævede min. 770 mm fri døråbning (ved 90 graders døråbning). Det betyder, at man ikke umiddelbart kan opsætte styreskinner eller lignende, som reducerer den fri døråbning til mindre end 770 mm. Hvis styreskinner og beslag monteres på den ene side af væggen, kan det være en løsning ved de mest almindelige 9M-døre.



Figur 72. Den fri døråbning på mindst 770 mm skal bevares, også hvis vandtætte skot monteres. Til venstre reduceres den fri bredde ikke; til højre kan åbningen blive mindre end bygningsreglementets krav.

Niveaufri adgang til parkerings- og cykelkældre via ramper

Ved nyanlæg og modificering af nedadgående ramper til kældre i udsatte områder forsynes disse ofte med en terrænhævning før selve rampen: Denne må efter BR 10 ikke udføres stejlere end 1:20. Det kan kræve et forholdsvist stort forareal for at kunne opfylde dette krav. Ved eksisterende byggeri kan der eventuelt benyttes kortere ramper med maksimal hældning 1:10, som anvist i SBI-Anvisning 230 til Bygningsreglementet. Principløsninger bør medtages i den anvisning, som er planlagt udarbejdet efter denne rapport.

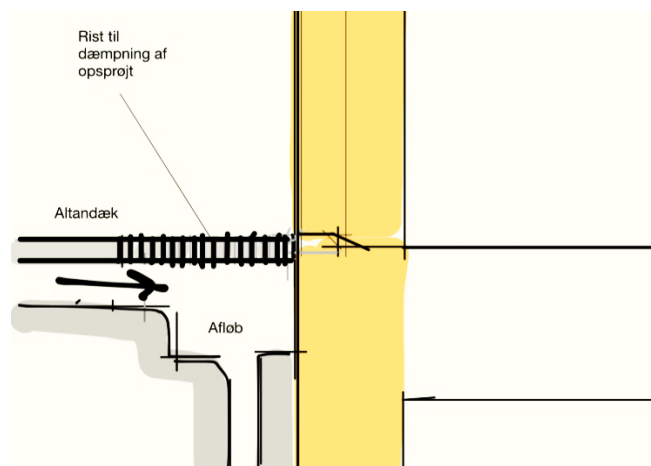


Figur 73. Ramper til kældre og trapper bør i visse tilfælde forsynes med "forramper", der kan fungere som barriere for regnvand op til en vis højde. Forhøjelse ovenfor trapper bør ske med en fuld trinshøjde ad gangen, så trappetrinene er ens, og dermed sikrere at gå på.

Niveaufri adgang til terrasser og altaner

De erfaringsmæssigt bedste principper for klimasikker, niveaufri adgang til altaner, tagterrasser og terrasser på underliggende etager bør beskrives i den anvisning, som er planlagt udarbejdet efter denne rapport, da de ikke er umiddelbart tilgængelige i SBI's hidtidige anvisningsserie. På altaner og terrasser på underliggende boliger skal løsninger både sikre vandtætheden af konstruktionen, afledning af vandet fra altan eller terrasse og samtidig, at der er niveaufri adgang.

Det kan desuden være nødvendigt at beskytte konstruktionen mod opsprøjt på fugtfølsomme materialer. Ofte vil altaner eller terrasser lettest kunne udføres med et vandafledende dæk/plade og en hævet permeabel gulvkonstruktion, se figur 58. Det er på baggrund af de foretagne beregninger ikke altid strengt nødvendigt med rist ved dør.



Figur 74. Eksempel på altan med niveaufri adgang, afløb fra dæk, hævet gulvkonstruktion og sikring mod opsprøjt.

Rekommanderede tiltag i efterfølgende anvisning

En kommende anvisning om niveaufri adgang og klimatilpasning bør mindst indeholde følgende anbefalinger:

- Undgå at placere bygninger i et af de lavningsområder, hvor nedbør efter skybrud vil ledes hen. Se kort over lavninger på nettet
- Læg bygningen højst muligt i forhold til omgivende terræn. Dette kan enten ske ved at placere bygningen højst muligt på eksisterende terræn eller ved etablering af en såkaldt varft, dvs. en kunstig forhøjning af terrænet omkring huset. Adgangsforhold kan sikres ved passende (lille) fald på terræn evt. kombineret med en lav rampe
- Sørg for tilstrækkeligt fald på terræn på de nærmeste 3 m fra bygningen (fald 1:40 for naturligt terræn, 1:50 for befæstede arealer)
- Sørg for at der er afløb (til kloak), som kan sikre afledning af regnvand fra facade og tag – jf. krav i DS 432, Norm for afløbsinstallationer og DS 436, Norm for dræning af bygværker mv.
- Udnyt de muligheder, som Bygningsreglementet giver for lokalt hævede reposer, terrasser og ramper, som rent konstruktivt overflødig gør reduceret sokkelhøjde.
- Hvis der etableres en rende hele vejen rundt om bygningen, bør der om muligt vælges en løsning som kan sikre at rendens yderside ligger mindst 50 mm under samling mellem fundament og ydervæg (placering af fugtspærre). Dette kan hindre eksponering af den følsomme samling for stående vand (evt. med vandtryk) og deraf følgende vandindtrængning i konstruktionen, hvis renden fyldes med vand.
- Hvis der etableres en rende hele vejen rundt om bygningen, skal der etableres mindst 2 afløb (tilsluttet kloaksystemet) – jf. krav i DS 432, Norm for afløbsinstallationer og DS 436, Norm for dræning af bygværker mv.
- Hvis der anvendes en rende omkring en bygning, bør den dimensioneres, så den – om muligt - har tilstrækkelig opstuvningskapacitet, hvis afløb eventuelt ikke kan aftage vandet
- Eksempler på realisering af sokkelhøjde på mindst 150 mm
- Eksempler på evt. billigere rendeløsninger end de nuværende
- Sikring mod opstuvning i kloaksystem, fx ved etablering af højvandslukke på afløb eller afløbsledning.
- Udvikling og anvendelse af permeable belægninger, der er så jævne som muligt, så adgangsarealer og p-pladser er egnede for dårligt gående og rollator- og kørestolsbrugere
- Overholdelse af Bygningsreglementets tilgængelighedskrav ved klimatilpasning af både nyt og eksisterende byggeri

Emner i anvisning

I den efterfølgende anvisning foreslås følgende forhold udbygget – herunder praktiske anvisninger for:

- Hævet niveaufri adgang m. terræनुudligning eller rampe
- Løsninger på terræn for hovedtyper af bygninger, ordnet efter tilhørende krav i BR 10:
- fritliggende enfamilieboliger
- sammenbyggede enfamilieboliger
- etageboliger, bygninger med offentlig adgang, kontor og administration
- Terrasseløsninger på terræn for samme hovedtyper
- Løsninger med mindre fokus på opsprøjt, fx til tagaltaner, delvist overdækkede områder og hævet terræn generelt
- Billigere løsninger end de nuværende – hvis muligt
- Løsninger for niveaufri adgang med belægninger på punktvisе understøtninger som tillader afledning af vand under belægningen
- Niveaufri adgang i fælles adgangsveje, hvor vandtætte døre eller skots skal kunne monteres
- Altaner udenpå bygninger
- Terrasser på underliggende etager
- Principper for anvendelse af voldgrav og linjeafvanding ved hævet terræn omkring hele bygningen
- Udformning og sikring af ramper til kældre
- Udformning og sikring af trapper til kældre
- Anvendelse af permeable belægninger på adgangsarealer

Appendiks 1 - Måling af opsprøjt

Registrering af synligt opsprøjt

Fotoregistreringer af synligt opsprøjt viser varierende påvirkningshøjder helt op til 5-600 mm, især hvis der ikke er tagrende. Eksempler er vist nedenfor.

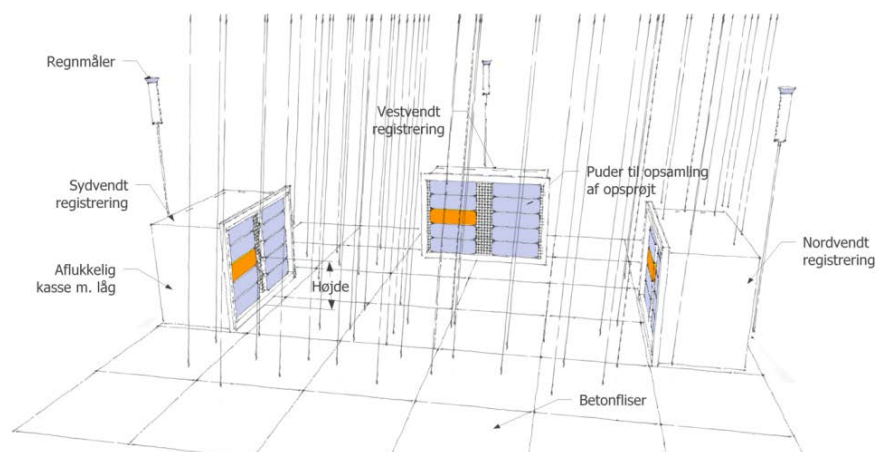


Figur 75. Eksempel på træfacade med jordpartikler fra opsprøjt op til 5-700 mm højde. Nordvendt facade. Belægning af jord. Der er ingen tagrende..



Figur 76. I venstre side: transport af jordpartikler op til ca. 200 mm højde. I højre side, hvor der er overdækket indgangsparti, er der ingen særlig "transporteffekt" af opsprøjt. Facaden er 3-etagers, beskyttet af tagrende og nordøstvendt.

Opsprøjt fra betonfliser



Figur 77. Eksempel på måling af opsprøjt fra betonbelægning ved naturlig regn

I forlængelse af tidligere SBI-forsøg med opsprøjt blev der udført yderligere målinger af den relative dæmpning af opsprøjt fra forskellige typer overflader, inklusive kombinationer heraf. Generelt målte betonfliser til at give de højeste værdier. Omkring 15 % af den naturlige regn blev returneret som opsprøjt ved højder op til ca. 170 mm, eller sagt på en anden måde vil påvirkningen af de nederste 170 mm facade svare til ca. 15 % af den regn, der falder tæt på lodret.

Tabel 6. Andel af nedbør returneret som opsprøjt

Gennemsnitlig højde over overflade af betonfliser, mm	Andel af nedbør returneret som opsprøjt i %
310	2
240	3
170	4
100	12

I forsøgene, som blev foretaget under regnvejr med lav vindstyrke, blev der foretaget 6 parallelle målinger fordelt på 5 forskellige højder. Der blev prøvet med orienteringerne øst, syd og vest. Data for højde 380 mm blev taget ud, fordi fotos viste, at øverste række regnopsamlere kunne blive fugtet af dråber fra beskyttelseskassens kant.

Der forekom ca. 15 % målbart opsprøjt op til ca. 170 mm over flisebelægning. Målingerne antages dog at ligge i den nedre ende af spektret, da der er målt på regn, der ender til finregn, som har en relativ lav faldhastighed. Normal faldhastighed for regndråber [Beard, 1976] ligger på 9 til 13 m/s, og er størst ved skybrud og slagregn. Hvis der antages en lineær sammenhæng mellem faldhastighed og højde på opsprøjt, vil de målte værdier skulle øges med 20-50 %. I beregningerne er der derfor antaget, at omkring 20 % af nedbøren returneres som opsprøjt i en højde op til 170 mm.

Opsprøjt fra andre overflader

Der blev også målt opsprøjt fra græsoverflader, gitterriste direkte på betonfliser samt granitskærver. En kombination af granitskærver i 200 mm bredde ved siden af betonfliser blev inkluderet for at illustrere en ofte anvendt løsning langs sokler. Der blev målt under et simuleret 20 mm regnforsøg. Græs reducerede opsprøjtet til omkring 4 % og en gitterrist med 9 mm åbninger til omkring 6 %. Begge flader nedsatte med andre ord opsprøjtet væsentligt i forhold til betonfliser.



Figur 78. Betonfliser blev brugt som reference ved forsøg med simulering af regn svarende til en samlet nedbørsmængde på 20 mm (foretaget med havevander). Opsprøjtet blev målt til omkring 15 % af den indkommende nedbør i op til 170 mm højde.



Figur 79. Simulering af regn svarende til en samlet nedbørsmængde på 20 mm (foretaget med havevander). Græsoverfladen reducerede opsprøjtet til ca. 4 % af den indkommende nedbør, dvs. kun ca. en femtedel af betonflisernes værdi.



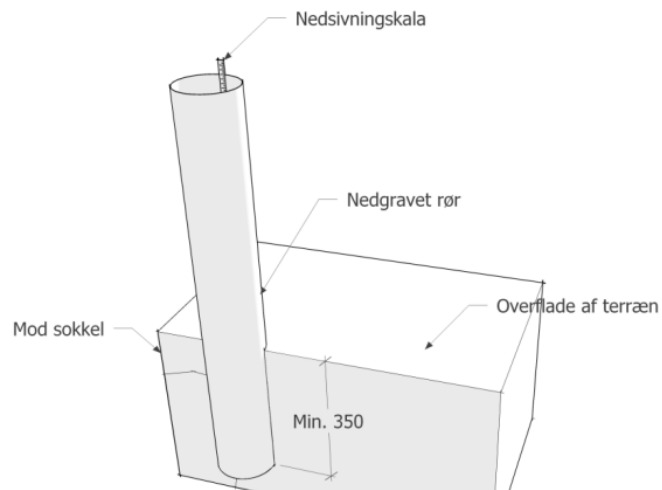
Figur 80. Simulering af regn svarende til en samlet nedbørsmængde på 20 mm (foretaget med havevander). Gitterrist lagt direkte på betonfliser reducerede opsprøjtet til omkring 6 % af den indkommende nedbør, eller ca. en tredjedel af betonflisernes værdi.

Ved målinger med havevander estimeredes faldhastighederne for dråberne til 7-9 m/s ud fra lukkertider og dråbesporenes længder, dvs. lidt under værdierne for naturlig regn. Målingerne er derfor primært relevante som relative værdier mellem overfladerne, ikke absolutte i forhold til naturlig regn.

I et forsøg gav en 200 mm bred overflade med granitskærver ved siden af betonfliser omtrent samme opsprøjt som en 500 mm bred overflade med granitskærver. Der blev ikke målt på smallere felter end 200 mm, så der blev ikke fundet mere præcise indikationer af, hvornår bredden (under 200 mm) bliver afgørende for opsprøjtets størrelse.

Appendiks 2 – Stikprøver af nedsvivning og indsvivning

Der er blevet udført enkelte stikprøver af nedsvivningsevnen af jord ved siden af en sokkel. Der blev både målt nedsvivning gennem uberørt jordoverflade og nedsvivning i et nyligt gravet hul efter traditionel anvisning, og der konstateredes desværre en væsentlig forskel på disse. Nedsvivningsevne i jordhul gav omtrent dobbelt så høje nedsvivningsværdier som ved måling nøjagtig samme sted med uberørt jordoverflade. Det må siges at være uheldigt, hvis det er et generelt mønster, og foreslås efterprøvet ved flere sammenligninger. foreslås anvendt fremover, hvis samme mønster gentager sig i senere forsøg. Dybden på 250-350 mm er den samme som anvendt i beregningerne for lavningskortet på klimatilpasninger.dk.



Figur 81. Måling af effektiv nedsvivningskapacitet i materialer med uberørt overflade. Metoden tager højde for, at overfladen kan have en anden permeabilitet end materialet nedenunder (tegning rettes, tyndvægget rør banket ned i jord).

Tabel 7. Stikprøver af nedsivning ved sokkel udført med rør eller jordhul lavet med pælebor.

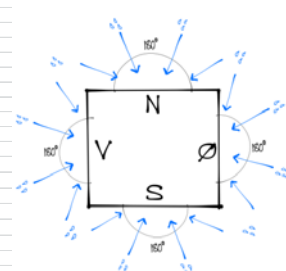
Måling	Nedsivningskapacitet, mm pr time	Kommentar	Dybde, mm
1 Indsivningsevne målt i rør. Jord	430		150
2 Indsivningsevne målt i rør. Jord og grus ved sokkel	150		350
3 Nedsivning i jordhul. Jord og grus ved sokkel.	330	Pæleborshuls samme sted som måling 2	350
4 Nedsivning i jordhul. Jord og grus ved sokkel	220	Pæleborshuls samme sted som måling 2, med øget vandmætning.	350
5 Indsivningsevne målt i rør. Jord ved sokkel	400		250
6 Indsivningsevne målt i rør. Jord ved sokkel	650		250

Den mindste af de målte værdier (150 mm pr time) for nedsivning er valgt inkluderet i beregningerne, idet den kan være repræsentant for grus og plantebedsjord, der er en almindelig kombination langs danske husfacader. Et mere lerholdigt underlag eller arealer med fliser uden større fuger vil give meget lavere indsivnings- og nedsivningshastigheder, og her er værdien 4 mm pr time valgt til beregningerne.

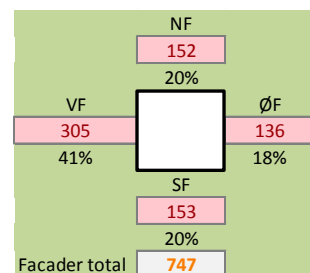
Appendix 3: Model af bygning og påvirkning

Model af bygning med facader mod øst, vest, nord og syd.

Statid	timeobs.(UTC)	vindretning (Å°)	År	wind_speed_mean(m/s)	label	Vinkel, regn	0,085814	Retning, overordnet	SF	VF	VF OPS	VR for V Læ for Tagudh	Højde HFV med	Neubør eff på VF, l/m ² /l/m ²	VF ops	Mængde på rendes areal, l/m ²
							25						600	651	10	237
0° is quiet, 360° is wind fro		332														
						9 m/s antaget faldhastigh										
605200	2009010100	332	2009	9,2	1100	44	35	1,0 N								
605200	2009010101	335	2009	9,4	1100	44	0,085814	1,0 N								
605200	2009010102	339	2009	8,1	1100	48	0,085814	0,9 N								
605200	2009010103	345	2009	7,2	1100	51	0,085814	0,8 N								
605200	2009010104	1	2009	7,1	1100	52	0,085814	0,8 N								
605200	2009010105	28	2009	4,4	1100	64	0,085814	0,5 N								
605200	2009010106	41	2009	4,1	1100	66	0,085814	0,5 N								
605200	2009010107	55	2009	2,8	1100	73	0,085814	0,3 Ø								
605200	2009010108	77	2009	4,6	1100	63	0,085814	0,5 Ø								
605200	2009010109	79	2009	5,3	1100	60	0,085814	0,6 Ø								
605200	2009010110	83	2009	6	1100	56	0,085814	0,7 Ø								
605200	2009010111	78	2009	5,1	1100	60	0,085814	0,6 Ø								
605200	2009010112	79	2009	4,8	1100	62	0,085814	0,5 Ø								
605200	2009010113	72	2009	4,2	1100	65	0,085814	0,5 Ø								
605200	2009010114	82	2009	5,1	1100	60	0,085814	0,6 Ø								
605200	2009010115	81	2009	4,6	1100	63	0,085814	0,5 Ø								
605200	2009010116	67	2009	3,9	1100	67	0,085814	0,4 Ø								
605200	2009010117	53	2009	3,8	1100	67	0,085814	0,4 Ø								
605200	2009010118	54	2009	3,9	1100	67	0,085814	0,4 Ø								
605200	2009010119	65	2009	3,1	1100	71	0,085814	0,3 Ø								
605200	2009010120	51	2009	2,9	1100	72	0,085814	0,3 Ø								
605200	2009010121	65	2009	3,6	1100	68	0,085814	0,4 Ø								
605200	2009010122	71	2009	2,7	1100	73	0,085814	0,3 Ø								
605200	2009010123	121	2009	2,1	1100	77	0,085814	0,2 Ø								
605200	2009010200	148	2009	1,3	1100	82	0,085814	0,1 S								
605200	2009010201	141	2009	0,5	1100	87	0,085814	0,1 S								
605200	2009010202	220	2009	0,3	1100	88	0,085814	0,0 S								
605200	2009010203	243	2009	1	1100	84	0,085814	0,1 V								
605200	2009010204	282	2009	2,6	1100	74	0,085814	0,3 V								
605200	2009010205	294	2009	3,2	1100	70	0,085814	0,4 V								



Figur 82. Model af bygning, hvor slagregn og opsprøjt er beregnet for alle vindretninger, og for hver facade er hele 180 graders intervallet for indkommende regn taget med.



Figur 83. Hvis der antages en ligeligt fordelt regnmængde pr. time henover året, modtager en vestfacade i størrelsesordenen dobbelt så meget vand som de øvrige facader. Dette kan ikke præciseres yderligere ud fra DRY, fordi der ikke kan samkøres nedbør med vindretninger og -vindstyrke i datasættet for 2001-2010.

Vindretning	Vinkel fra vandret
V	52
S	58
Ø	61
N	54

Figur 84. Med de fremherskende vindretninger og -styrker i datasættet for station 6052 er vinklen for slagregn fra vest tættere på vandret end for de øvrige retninger.

Stadid	Timeobst (UTC)	Vindretning (Å°)	Av	wind speed mean(m/s)	label	Vinkel, regn	0,085814	Retning, overordnet	SF	VF	VF OPS	VR for V	Læ for Tag	Højde HFV med	Facadehøjde	Tag	Facadehøjde	Nedbør eff	VF ops	Mængde på	rendes areal,
														600	3000	VF*HFV*1000	10	250			
0° is quiet, 360° is wind fr	332					9 m/s antaget faldhastigh	Nedbør pr	Facade modtagfaktor	Modtag	153	302	66									
605200	2009010100	332		2009	9,2	1100	44	0,085814	1,0 N	35,778	16,80	0,01	62,00	1250,25	1749,75	29,39	0,002	17,500			
605200	2009010101	335		2009	9,4	1100	44	0,085814	1,0 N	0,09	0,04	0,01	65,00	1399,31	1640,69	0,06	0,002	0,043			
605200	2009010102	339		2009	8,1	1100	48	0,085814	0,9 N	0,08	0,03	0,01	69,00	1860,28	1139,72	0,03	0,002	0,043			
605200	2009010103	345		2009	7,2	1100	51	0,085814	0,8 N	0,07	0,02	0,01	75,00	2897,77	102,23	0,00	0,002	0,043			
605200	2009010202	220		2009	0,3	1100	88	0,085814	0,0 S	0,00	0,00	0,01	-50,00	28002,75	-25002,75	0,00	0,002	0,043			
605200	2009010203	243		2009	1	1100	84	0,085814	0,1 V	0,01	0,00	0,01	-27,00	6060,54	-3060,54	0,00	0,002	0,043			
605200	2009010204	282		2009	2,6	1100	74	0,085814	0,3 V	0,02	0,02	0,01	12,00	2123,32	876,68	0,02	0,002	0,043			
605200	2009010305	294		2009	3,2	1100	70	0,085814	0,4 V	0,03	0,03	0,01	24,00	1847,20	1152,80	0,03	0,002	0,043			
605200	2009010215	214		2009	1	1100	84	0,085814	0,1 S	0,01	0,01	0,01	-56,00	9556,75	-6556,75	0,00	0,002	0,043			
605200	2009010216	223		2009	2,5	1100	74	0,085814	0,3 S	0,02	0,02	0,01	-47,00	3167,16	-167,16	0,00	0,002	0,043			
605200	2009010217	268		2009	5	1100	61	0,085814	0,6 V	0,05	0,00	0,05	0,01	-2,00	1080,66	1919,34	0,09	0,002	0,043		
605200	2009010218	270		2009	7,2	1100	51	0,085814	0,8 V	0,07	0,00	0,07	0,01	0,00	750,00	2250,00	0,15	0,002	0,043		
605200	2009010219	274		2009	9,6	1100	43	0,085814	1,1 V	0,09	0,09	0,01	4,00	563,87	2436,13	0,22	0,002	0,043			
605200	2009010220	310		2009	10,6	1100	40	0,085814	1,2 V	0,10	0,08	0,01	40,00	665,02	2334,98	0,18	0,002	0,043			
605200	2009010221	314		2009	12,4	1100	36	0,085814	1,4 V	0,12	0,09	0,01	44,00	605,39	2394,61	0,20	0,002	0,043			
605200	2009010222	312		2009	11,8	1100	37	0,085814	1,3 V	0,11	0,08	0,01	42,00	615,80	2384,20	0,20	0,002	0,043			
605200	2009010223	314		2009	11,6	1100	38	0,085814	1,3 V	0,11	0,08	0,01	44,00	647,14	2352,86	0,19	0,002	0,043			
605200	2009010300	315		2009	11,5	1100	38	0,085814	1,3 N	0,11	0,08	0,01	45,00	664,07	2355,93	0,18	0,002	0,043			
605200	2009010301	311		2009	11,9	1100	37	0,085814	1,3 V	0,11	0,08	0,01	41,00	605,36	2393,64	0,20	0,002	0,043			
605200	2009010302	311		2009	12,5	1100	36	0,085814	1,4 V	0,12	0,09	0,01	41,00	572,41	2427,59	0,22	0,002	0,043			
605200	2009010303	312		2009	12,3	1100	36	0,085814	1,4 V	0,12	0,09	0,01	42,00	590,77	2409,23	0,21	0,002	0,043			
605200	2009010304	314		2009	11,9	1100	37	0,085814	1,3 V	0,11	0,08	0,01	44,00	630,83	2369,17	0,19	0,002	0,043			
605200	2009010305	309		2009	11,7	1100	38	0,085814	1,3 V	0,11	0,09	0,01	39,00	593,89	2406,11	0,21	0,002	0,043			
605200	2009010306	308		2009	12,5	1100	36	0,085814	1,4 V	0,12	0,09	0,01	38,00	548,22	2451,78	0,23	0,002	0,043			
605200	2009010307	295		2009	12,1	1100	37	0,085814	1,3 V	0,12	0,10	0,01	25,00	492,42	2507,58	0,26	0,002	0,043			

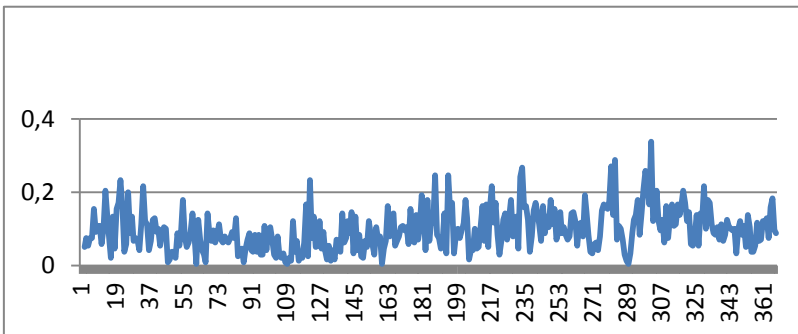
Figur 85. Eksempel med fokus på vestvendt facade med vinddata for station 6052, som ligger vestligt i landet. Gennemsnitsvinklen for vind er tæt på vest (retning 262 grader), og den gennemsnitlige time- nedbør vil falde i falde i en vinkel på omkring 52 grader fra vandret, hvis regnens lodrette faldhastighed antages at være 9 m/s.

VR, Vindretning (°)	VH, Vindhast (m/s)	NV, Vinkel (°)	N, Klimafakt	KORV, Korrektion	VAK, Vandret komponent	SLAG, Slagregn	VAF, Samlet	VAUF, Samlet	HØV, Højde	FYLD TIME, Fyldning af
g/hed	g/hed	g/hed	pr døgn	pr døgn	pr døgn	pr døgn	pr døgn	pr døgn	pr døgn	pr døgn
270	7	52	1	3,0	0,8	2	2	0	0	3000
270	7	52	1	3,0	0,8	2	2	0	0	3000
270	7	52	1	3,0	0,8	2	2	0	0	3000
270	7	52	1	3,0	0,8	2	2	0	0	3000
270	7	52	1	3,0	0,8	2	2	0	0	3000

Figur 86. Nedsivning af en gennemsnitlig døgnnedbør på 2,5 mm, vestvendt facade på 3000 mm i højden, på et areal op til 300 mm fra soklen. Ved sandholdig jord, havejord (målt) og grus vil der ske fuld nedsivning indenfor en time. Dvs. både slagregn på facaden og nedbør på arealet foran soklen vil sive ned her og ikke ledes væk ud over terræn. Ved silt vil det meste af vandet sive ned indenfor 8 timer; ved lerjord uden ormegange vil døgnnedbøren ikke kunne sive ned i løbet af døgn.

VR, Vindretning (°)	VH, Vindhast (m/s)	NV, Vinkel (°)	N, Klimafakt	KORV, Korrektion	VAK, Vandret komponent	SLAG, Slagregn	VAF, Samlet	VAUF, Samlet	HØV, Højde	FYLD TIME, Fyldning af
g/hed	g/hed	g/hed	pr døgn	pr døgn	pr døgn	pr døgn	pr døgn	pr døgn	pr døgn	pr døgn
270	7	52	1	3,0	0,8	2	2	0	0	6000
270	7	52	1	3,0	0,8	2	2	0	0	6000
270	7	52	1	3,0	0,8	2	2	0	0	6000
270	7	52	1	3,0	0,8	2	2	0	0	6000
270	7	52	1	3,0	0,8	2	2	0	0	6000

Figur 87. Eksempel hvor facadehøjden er øget til 6000 mm. Den gennemsnitlige døgnnedbør vil ved sandholdig jord, havejord (målt) og grus sive ned ved soklen indenfor en time eller to.



Figur 88. Gennemsnitlig timenedbør for Midt- og Vestjylland beregnet ud fra Referenceværdier_2001-2010_nedbør_region_land_dag

Beregning for vestfacade

VR, Vindretning (°)	VH, Vindhastighed (m/s)	NV, Vinkel (m/s)	Klimafaktor	N, Nedbør pr time	KORV, Korrektion for vindretning	VAK, Vindretning	SLAG, Slagregn				HØS, Højde udsat for slagregn	NEFF, Nedbør eff på facade, /m²t	OPS, Opsprøjt, /m²t	NUF, Nedbør på areal under facade, /m²t	VANF, Samlet vandmængde på nederste del af facade	VAUF, Samlet vandmængde på areal under facade	NED, Nedsivningsevne, mm/time	ANT, Antal timer for at nedrive 1 time	HØV, Højde vandstand efter 1 time	FYLD TIME, Fyldning af rende indenfor en time, ja/nej
							Vindretning	Vinkel	Nedbør	Korrektion										
				9						3000		15	300							150
270	7	52	1	25	0,8	19	19	0	0	3000	58	4	8	62	70	SILT	4	64,4	228	JA
270	7	52	1	25	0,8	19	19	0	0	3000	58	4	8	62	70	SAND	36	6,4	196	JA
270	7	52	1	25	0,8	19	19	0	0	3000	58	4	8	62	70	HAVEJORD	150	1,5	82	NEJ
270	7	52	1	25	0,8	19	19	0	0	3000	58	4	8	62	70	GRUS	3,600	0,1	-3,368	NEJ
270	7	52	1,4	35	0,8	27	27	0	0	3000	82	5	11	87	97	SILT	4	90,2	321	JA
270	7	52	1,4	35	0,8	27	27	0	0	3000	82	5	11	87	97	SAND	36	9,0	289	JA
270	7	52	1,4	35	0,8	27	27	0	0	3000	82	5	11	87	97	HAVEJORD	150	2,2	175	JA
270	7	52	1,4	35	0,8	27	27	0	0	3000	82	5	11	87	97	GRUS	3,600	0,1	-3,275	NEJ
270	7	52	BOT 2011	100	0,8	78	78	0	0	3000	233	15	30	248	278	SILT	4	257,7	924	JA
270	7	52	BOT 2011	100	0,8	78	78	0	0	3000	233	15	30	248	278	SAND	36	25,8	892	JA
270	7	52	BOT 2011	100	0,8	78	78	0	0	3000	233	15	30	248	278	HAVEJORD	150	6,2	778	JA
270	7	52	BOT 2011	100	0,8	78	78	0	0	3000	233	15	30	248	278	GRUS	3,600	0,3	-2,672	NEJ

Figur 89. Beregning for vestfacade. Slagregnvinkel, vindretning, vindstyrke, faldhastighed for regn, facadehøjde, tagudhæng, opsprøjt, nedsivningsevne på areal ved sokkel, nedbørsmængder/klimafaktorer, bredde og dybde af evt rende uden afløb kan varieres. Med brug af datasæt fra DRY 2001-2010 kan der laves overslag på fx effektivt læ for tagudhæng, opsprøjt i forhold til direkte slagregn, nedsivning ved sokkel, bortledning ud over terræn, samt tid for evt fyldning af lukkede render.

VR, Vindretning (°)	VH, Vindhastighed (m/s)	NV, Vinkel (m/s)	Klimafaktor	N, Nedbør pr time	KORV, Korrektion for vindretning	VAK, Vindretning	SLAG, Slagregn				HØS, Højde udsat for slagregn	NEFF, Nedbør eff på facade, /m²t	OPS, Opsprøjt, /m²t	NUF, Nedbør på areal under facade, /m²t	VANF, Samlet vandmængde på nederste del af facade	VAUF, Samlet vandmængde på areal under facade	NED, Nedsivningsevne, mm/time	ANT, Antal timer for at nedrive 1 time	HØV, Højde vandstand efter 1 time	FYLD TIME, Fyldning af rende indenfor en time, ja/nej
							Vindretning	Vinkel	Nedbør	Korrektion										
				9						3000		15	300							150
270	7	52	1	25	0,8	19	19	600	771	2229	43	4	8	47	55	SILT	4	50,5	178	JA
270	7	52	1	25	0,8	19	19	600	771	2229	43	4	8	47	55	SAND	36	5,1	146	NEJ
270	7	52	1	25	0,8	19	19	600	771	2229	43	4	8	47	55	HAVEJORD	150	3,2	32	NEJ
270	7	52	1	25	0,8	19	19	600	771	2229	43	4	8	47	55	GRUS	3,600	0,1	-3,418	NEJ
270	7	52	1,4	35	0,8	27	27	600	771	2229	61	5	11	66	76	SILT	4	70,8	251	JA
270	7	52	1,4	35	0,8	27	27	600	771	2229	61	5	11	66	76	SAND	36	7,1	219	JA
270	7	52	1,4	35	0,8	27	27	600	771	2229	61	5	11	66	76	HAVEJORD	150	1,7	105	NEJ
270	7	52	1,4	35	0,8	27	27	600	771	2229	61	5	11	66	76	GRUS	3,600	0,1	-3,345	NEJ
270	7	52	BOT 2011	100	0,8	78	78	600	771	2229	173	15	30	188	218	SILT	4	202,2	724	JA
270	7	52	BOT 2011	100	0,8	78	78	600	771	2229	173	15	30	188	218	SAND	36	20,2	692	JA
270	7	52	BOT 2011	100	0,8	78	78	600	771	2229	173	15	30	188	218	HAVEJORD	150	4,9	578	JA
270	7	52	BOT 2011	100	0,8	78	78	600	771	2229	173	15	30	188	218	GRUS	3,600	0,2	-2,872	NEJ

Figur 90. Eksempel hvor tagudhænget er øget fra 0 til 600 mm ved en facadehøjde på 3000 mm. Ved sandholdig jord er det iflg modellen mindre sandsynligt, at der sker fyldning af en 300 mm bred, lukket rende ved klimafaktor 1. Ved nedbør på 35 mm pr time (klimafaktor 1,4) er tagudhænget ikke tilstrækkeligt til at forhindre fyldning.

VR, Vindretning (°)	VH, Vindhastighed (m/s)	NV, Vinkel (m/s)	Klimafaktor	N, Nedbør pr time	KORV, Korrektion for vindretning	VAK, Vindretning	SLAG, Slagregn				HØS, Højde udsat for slagregn	NEFF, Nedbør eff på facade, /m²t	OPS, Opsprøjt, /m²t	NUF, Nedbør på areal under facade, /m²t	VANF, Samlet vandmængde på nederste del af facade	VAUF, Samlet vandmængde på areal under facade	NED, Nedsivningsevne, mm/time	ANT, Antal timer for at nedrive 1 time	HØV, Højde vandstand efter 1 time	FYLD TIME, Fyldning af rende indenfor en time, ja/nej
							Vindretning	Vinkel	Nedbør	Korrektion										
				9						6000		15	300							150
270	7	52	1	25	0,8	19	19	600	771	5229	102	4	8	105	113	SILT	4	104,6	373	JA
270	7	52	1	25	0,8	19	19	600	771	5229	102	4	8	105	113	SAND	36	10,5	340	JA
270	7	52	1	25	0,8	19	19	600	771	5229	102	4	8	105	113	HAVEJORD	150	3,5	226	JA
270	7	52	1	25	0,8	19	19	600	771	5229	102	4	8	105	113	GRUS	3,600	0,1	-3,224	NEJ
270	7	52	1,4	35	0,8	27	27	600	771	5229	142	5	11	148	158	SILT	4	146,4	523	JA
270	7	52	1,4	35	0,8	27	27	600	771	5229	142	5	11	148	158	SAND	36	14,6	491	JA
270	7	52	1,4	35	0,8	27	27	600	771	5229	142	5	11	148	158	HAVEJORD	150	3,5	377	JA
270	7	52	1,4	35	0,8	27	27	600	771	5229	142	5	11	148	158	GRUS	3,600	0,1	-3,073	NEJ
270	7	52	BOT 2011	100	0,8	78	78	600	771	5229	407	15	30	422	452	SILT	4	418,2	1502	JA
270	7	52	BOT 2011	100	0,8	78	78	600	771	5229	407	15	30	422	452	SAND	36	41,8	1470	JA
270	7	52	BOT 2011	100	0,8	78	78	600	771	5229	407	15	30	422	452	HAVEJORD	150	10,0	1356	JA
270	7	52	BOT 2011	100	0,8	78	78	600	771	5229	407	15	30	422	452	GRUS	3,600	0,4	-2,094	NEJ

Figur 91. Eksempel hvor facadehøjden er øget fra 3000 mm til 6000 mm. Her vil der ske fyldning af en lukket rende uden afløb i alle tilfælde, undtagen hvor nedsivningsevnen i bunden af renden er bestemt af selvdrænende jord med en nedsivningsevne på 3600 mm/time.

VR, Vindretning (°)	VH, Vindhast (m/s)	NV, Vinkel (°)	KORV, Klimafaktor	N, Nedbør pr time	KORR, Korrektion for vinkel	VAK, Været for vindretning	VAK, korrektion for vinkel	TU, Tagudhæng	LÆ, Læ for Tagudhæng	HØS, Højde udsat for slagregn	NEFF, Nedbør eff på facade, l/m²t	OPS, Opsprøjt, l/m²t	NUF, Nedbør på areal under facade, l/m²t	VANF, Samlet vandmængde på areal under facade på nederste del af facade	VAUF, Samlet vandmængde på areal under facade	NED, Nedslagsveje, mm/time	ANT, Antal nedbørstimer	HØV, Højde vandstand i et rende med bredde, mm	FYLD TIME, Fyldning af rende indenfor en time, ja/nej	
																				ATANV, m/s
				9						12000		15	300						150	
270	7	52	1	25	0,8	19	19	600	771	11229	218	4	8	222	230	SILT	4	212,6	230	JA
270	7	52	1	25	0,8	19	19	600	771	11229	218	4	8	222	230	SAND	36	21,3	729	JA
270	7	52	1	25	0,8	19	19	600	771	11229	218	4	8	222	230	HAVEJORD	150	5,1	615	JA
270	7	52	1	25	0,8	19	19	600	771	11229	218	4	8	222	230	GRUS	3.600	0,2	-2.835	NEJ
270	7	52	1,4	35	0,8	27	27	600	771	11229	306	5	11	311	321	SILT	4	297,6	1.068	JA
270	7	52	1,4	35	0,8	27	27	600	771	11229	306	5	11	311	321	SAND	36	29,8	1.035	JA
270	7	52	1,4	35	0,8	27	27	600	771	11229	306	5	11	311	321	HAVEJORD	150	7,1	921	JA
270	7	52	1,4	35	0,8	27	27	600	771	11229	306	5	11	311	321	GRUS	3.600	0,3	-2.529	NEJ
270	7	52	BOT 2011	100	0,8	78	78	600	771	11229	873	15	30	888	918	SILT	4	850,3	3.058	JA
270	7	52	BOT 2011	100	0,8	78	78	600	771	11229	873	15	30	888	918	SAND	36	85,0	3.025	JA
270	7	52	BOT 2011	100	0,8	78	78	600	771	11229	873	15	30	888	918	HAVEJORD	150	20,4	2.911	JA
270	7	52	BOT 2011	100	0,8	78	78	600	771	11229	873	15	30	888	918	GRUS	3.600	0,9	-539	NEJ

Figur 92. Eksempel hvor facadehøjden er øget til 12000 mm. Kun i de sjældne tilfælde, hvor jorden er selvdrænende, vil en lukket rende ikke fyldes ved nedbørsmængder svarende til klimafaktor 1 og 1,4.

VR, Vindretning (°)	VH, Vindhast (m/s)	NV, Vinkel (°)	KORV, Klimafaktor	N, Nedbør pr time	KORR, Korrektion for vinkel	VAK, Været for vindretning	VAK, korrektion for vinkel	TU, Tagudhæng	LÆ, Læ for Tagudhæng	HØS, Højde udsat for slagregn	NEFF, Nedbør eff på facade, l/m²t	OPS, Opsprøjt, l/m²t	NUF, Nedbør på areal under facade, l/m²t	VANF, Samlet vandmængde på areal under facade	VAUF, Samlet vandmængde på areal under facade	NED, Nedslagsveje, mm/time	ANT, Antal nedbørstimer	HØV, Højde vandstand i et rende med bredde, mm	FYLD TIME, Fyldning af rende indenfor en time, ja/nej	
																				ATANV, m/s
				9						18000		15	300						150	
270	7	52	1	25	0,8	19	19	0	0	18000	350	4	8	354	361	SILT	4	334,5	1.201	JA
270	7	52	1	25	0,8	19	19	0	0	18000	350	4	8	354	361	SAND	36	33,4	1.168	JA
270	7	52	1	25	0,8	19	19	0	0	18000	350	4	8	354	361	HAVEJORD	150	8,0	1.054	JA
270	7	52	1	25	0,8	19	19	0	0	18000	350	4	8	354	361	GRUS	3.600	0,3	-2.398	NEJ
270	7	52	1,4	35	0,8	27	27	0	0	18000	490	5	11	495	506	SILT	4	468,3	1.682	JA
270	7	52	1,4	35	0,8	27	27	0	0	18000	490	5	11	495	506	SAND	36	46,8	1.550	JA
270	7	52	1,4	35	0,8	27	27	0	0	18000	490	5	11	495	506	HAVEJORD	150	11,2	1.536	JA
270	7	52	1,4	35	0,8	27	27	0	0	18000	490	5	11	495	506	GRUS	3.600	0,5	-1.914	NEJ
270	7	52	BOT 2011	100	0,8	78	78	0	0	18000	1400	15	30	1415	1.445	SILT	4	1.338,0	4.781	JA
270	7	52	BOT 2011	100	0,8	78	78	0	0	18000	1400	15	30	1415	1.445	SAND	36	133,8	4.781	JA
270	7	52	BOT 2011	100	0,8	78	78	0	0	18000	1400	15	30	1415	1.445	HAVEJORD	150	32,1	4.667	JA
270	7	52	BOT 2011	100	0,8	78	78	0	0	18000	1400	15	30	1415	1.445	GRUS	3.600	1,3	1.217	JA

Figur 93. Eksempel hvor facadehøjden er øget til 18000 mm. Her kan der ske fyldning af en lukket rende i alle tilfælde, hvis der falder regnmængder svarende til over Botanisk Have 2011, i den gennemsnitligt forekommende vinkel på 52 grader for en vestfacade.

Litteratur

ATV, 2003. Effekter af klimaændringer.

Beard, K.V. Terminal Velocity and Shape of Cloud and Precipitation Drops. *Journal of the Atmospheric Sciences* (May 1976): 851-864.

Brandt, E. (2013). *Fugt i bygninger* (SBI-anvisning 224). København: Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet.

British Standards Institution. (2001). Design of buildings and their approaches to meet the needs of disabled people: Code of practice (BS 8300:2001.) London.

BYG ERFA. (2001). Byg Erfa blad 01 01 09, Niveaufri adgang til bygninger.

BYG ERFA. (2007). Byg Erfa blad (13) 07 10 30, Vandbelastede sokler ved terrændæk.

BYG ERFA. (2013). BYG-ERFA blad (19) 13 12 31, Niveaufri adgang til bygninger med terrændæk.

Byggeskadefonden. (2007). Tilgængelighed og fugtproblemer (udvalgt tema fra Byggeskadefondens Byggetekniske erfaringsformidling).

Byggforsk, NBI. (2002) Christophersen, J. Bedre tilgængelighed i nye byggverk – Virkning av ny plan- og bygningslov 1997.

Byggforsk, NBI. (2012). Krav til tilgængelighed i boligbygninger, Byggforskserien 330.205.

Byggforsk, NBI. (2005). Nørve, S. et. al., Kunnskapsoversikt. Universell utforming og tilgængelighet.

Chalmers University of Technology (CTH). (2010). Nik, V. M., Climate simulation of an attic using future weather data sets – statistical methods for data processing.

Chalmers University of Technology (CTH). (2012). Nik, V. M., Hygrothermal simulation of buildings concerning uncertainties of the future climate.

Christensen, Bo. Klimaforskernes krystalkugle.

COWI. (2003). Trend i ekstremregn, Spildevandskomiteen.

Dansk Standard. (2001). Tilgængelighed for alle (DS 3028:2001.) Charlottenlund.

de Place Hansen, E.J. (red.) (2010). *Anvisning om Bygningsreglement 2010* (SBI-anvisning 230). København: Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet.

- DMI. (2013). Peter Grunnet Wang, Mikael Scharling, Kristian Pagh Nielsen, Kim Bjarne Wittchen og Claus Kern-Hansen. 2001 - 2010 Danish Design Reference Year - Reference Climate Dataset for Technical Dimensioning in Building, Construction and other Sectors. DMI Teknisk Rapport 13-19.
- DMI. (2012). Peter Riddersholm Wang. Referenceværdier: Døgn-, måneds- og årsværdier for regioner og hele landet 2001 - 2010, Danmark for temperatur, relativ luftfugtighed, vindhastighed, globalstråling og nedbør. DMI Teknisk Rapport 12-22.
- DMI. (2011). Teknisk rapport 11-13, Ekstrem nedbør i Danmark – opgørelser og analyser foråret 2011.
- DMIs hjemmeside, www.dmi.dk. (2013). Fremtidens vilde vejr.
- DMIs hjemmeside, www.dmi.dk. (2013). Ændringer i Danmark.
- DMIs hjemmeside, www.dmi.dk. IPCC's udslipsscenarier.
- DMIs hjemmeside, www.dmi.dk. Klimamodeller.
- Groven, K. (2005). Klimasårbarheit I bustadsektoren, VF-rapport 1/05, Vesterlandsforskning, Sogndal.
- IDA Spildevandskomiteen. (2005). Funktionspraksis for afløbssystemer under regn, Skrift nr. 27.
- IDA Spildevandskomiteen. (2008). Forventede ændringer i ekstremregn som følge af klimaændringer, Skrift nr. 29.
- IDA, Spildevandskomiteen. (2006). Regional variation i ekstremregn i Danmark – ny bearbejdning (1979 – 2005), Skrift nr. 28.
- Klimatilpasning.dk. 2013.
- Københavns Kommune. 2012. Københavns Klimatilpasningsplan.
- NBI. (2002). Guldbrandsen, O. og Christophersen, J., Tilgjængelighet i nye boliger, Byggforsk.
- Nielsen, A., Kjellström, E. and Kalagasidis, A. S. (). Sustainability of the Swedish built environment toward climate change: Hygrothermal effects and design criteria for buildings with respect to future climate scenarios.
- Nik, V. M. and Kalagasidis, A. S., Long term simulation of the hygro-thermal response of buildings. Response and questions.
- Thomas Aabling, Søren Gabriel og Karsten Arnbjerg-Nielsen. (2013). SVK LAR Dimensionering. Regneark udarbejdet for Spildevandskomiteen ud fra Skrift nr. 28.
- Tegl. (2011). Udførelse af drænrender ved adgangsøre og terrasser.

Forandringer i klimaet forventes at medføre stadigt større mængder nedbør og hyppigere regnskyl og skybrud, der vil øge fugtbelastningen af bygninger. Overholdes bygningsreglementets krav om niveaufri adgang kan det give yderligere risiko for fugtbelastning. Derfor er der behov for dokumenterede og robuste løsninger for fugtsikker niveaufri adgang til bygninger. Denne rapport sammenfatter et litteraturstudium og eksempelsamlinger fra ind- og udland og beskriver klimascenarier og løsninger for vandafledning. Rapporten følges senere op af en SBI-anvisning. Rapporten er udarbejdet af Statens Byggeforskningsinstitut ved Aalborg Universitet København som en myndighedsopgave for Energi- styrelsen.

1. udgave, 2015
ISBN 978-87-563-1722-1