Klimatilpasning og trafiksikkerhed

2017

Foto: Rambøll

Vejdirektoratet

RAMBØLL

Indholdsfortegnelse

Indledning **3**
Målgruppe 3
Baggrund 4
Trafiksikkerhed og tilgængelighed 5
Drift og vedligehold 7
Snerydning og glatførebekæmpelse 7
Hæftets indhold **8**
Geometrisk udformning **10**
Ensidigt tværfald 10
Omvendt tagprofil (V-profil) 13
Accept af vand på vejen **16**
Transport af vand på tværs af og langs vejen 16
Irish Crossings 18
Niveauforskelle - Opspring **20**
Kant- og regnbede 20
Niveauforskelle - sænkning **23**
Render 23
Grøfter og trug 26
Permeable befæstelser **29**
Riste **32**

Indledning

Der etableres i disse år forskellige former for klimatilpasning i by og land, der medfører løsninger, hvor vejen eller vejens omgivelser indgår i afledningsplanerne for vandet. Nye løsninger som f.eks. Irish Crossings, belægningsløsninger, vandrender og omvendte bump kan medføre vand på kørebanen, hvilket kan øge ulykkesrisikoen. Mere traditionelle løsninger som f.eks. regnvandsbassiner, grøfter og kanaler kan medføre problemer med sikkerhedszonen.

Hæftet og arbejdet i forbindelse hermed har til formål at kortlægge og afdække eventuelle trafik-sikkerhedsmæssige problemer på færdselsarealerne for de forskellige trafikantgrupper ved de seneste års udførte klimatilpasningsprojekter I det omfang det har været muligt og relevant, giver hæftet også forslag til ændringer eller forbedringer.

Illustration: Tredje Natur

Målgruppe

Hæftet henvender sig til rådgivere, teknikere og andre interessenter med inspiration og hjælp til udformning af klimatilpasningsprojekter. Samtidig opfordrer hæftet til mere og bedre samarbejde mellem de mange faggrupper, som i fællesskab arbejder med klimatilpasning og design af vej- og byrum - så der i fremtiden kommer endnu flere både funktionelle, smukke og trafiksikre løsninger på håndtering af vand på vore færdselsarealer.

Foto: Rambøll

Baggrund

Nogle af de væsentligste klimaændringer, som vi i Nordeuropa kommer til at opleve i fremtiden er større nedbørsmængder. I Danmark er der især fokus på betydningen af ændrede nedbørsmønstre, for eksempel ved oversvømmelser efter kraftige nedbørshændelser.

Klimatilpasningsprojekter vil i mange tilfælde kunne indgå som en integreret del ved ombygning af gader og byrum og giver mulighed for at genoverveje indretning og funktioner samt tilføre nye sammenhænge og kvaliteter i de offentlige rum.

Byrums- og landskabsmæssigt udgør det mulige samvirke mellem klimatilpasning og nyomdannelse af offentlige plads- og gaderum gennem fx. begrønning og synliggørelse af vandet som levende element et stort potentiale. Samlet set betyder det forbedring og større oplevelser af vej- og gang-/opholdsarealer navnlig for fodgængere og cyklister. Men klimatilpasning medfører også negative effekter, som større barriereeffekt, høje kanter og mere vand på overfladerne og risiko for uheld. Derfor er det vigtigt at minimere risikoen for uheld gennem tidlig inddragelse af trafiksikkerhedsmæssig ekspertise.

Mange kommuner og forsyningsselskaber har planlagt, at der fremover skal ske en øget afledning af regnvand på terræn, og at færdselsarealerne skal indgå i en kontrolleret transport af regnvandet. Afledning af vand på vejene planlægges både ved at vandet forsinkes og opstuves i eksempelvis render og regnbede langs med vejene eller nedsives enten via befæstede flader eller grønne arealer. Derudover afledes vandet i skybrudssituationer bevidst på vejene, der så fungerer som skybrudsveje.

Gennemførelsen af et klimatilpasningsprojekt er typisk forankret hos kommunens Teknik- og miljøforvaltning og forsyningsselskab i fællesskab med inddragelse af bl.a. vejmyndighed, byplan- og fra naturafdelinger og med mange forskellige fagkategorier såsom vejingeniører, miljøteknikere, byplanlæggere og arkitekter repræsenteret. Politiet skal normalt godkende projektet, da der oftest er tale om et vejprojekt.

Det er vigtigt at samle disse forskellige kompetencer så tidligt som muligt og forstå de komplekse og i nogen tilfælde modsatrettede interesser, der kan være i et klimatilpasningsprojekt. Ofte er der udfordringer i at få vejprofilet eller byrummet til at rumme alle funktioner og interesser på det i mange tilfælde begrænsede areal, der er til rådighed. Det er i høj grad de lokale forhold med de

stedsspecifikke bindinger, der afgør hvilke løsninger der er mulige, såsom eksisterende infrastruktur, jordbunds-, terræn- og koteforhold, eksisterende vejprofil, parkeringsbehov, trafikintensitet mv.

Foto: Rambøll

På den måde indgår ophold- og færdselsarealer mange steder som en større eller mindre del af den samlede løsning. I langt de fleste tilfælde skal vejenes primære funktion fortsat være at afvikle trafik, og derfor er det ikke konfliktfrit at bruge veje til transport af vand, opstuvning-/forsinkelse eller nedsivning af vand.

Uanset om vejafvanding udføres traditionelt, som et lukket rørsystem eller at det udføres som en blanding af overfladeløsning (LAR) og rørsystemer, skal afvandingen følge vejreglerne for afvandingskonstruktioner. Hvis der er tale om et separat regnvandssystem, skal systemet kunne håndtere en såkaldt 5-års regn hændelse, før vand opstuver på terræn. Hvis der er tale om et fælles system, altså et rørsystem der både håndtere regnvand og spildevand, skal systemet kunne håndtere en 10-års regn hændelse, før vand opstuver på terræn. For større byområder, bør der også udføres beregninger af en 100-års regn hændelse, så de kommunale myndigheder kan danne sig et overblik over hvor eventuelle oversvømmelser vil samle sig i terrænet. På den baggrund kan myndighederne så afgøre om der skal foretages terræn ændringer eller lign, så skybrudsvand kan omdirigeres/ledes til mere egnede områder, der tåler oversvømmelse.

Trafiksikkerhed og tilgængelighed

Selvom hovedformålene med klimaprojekterne er at forbedre vandafledningen og bymiljøet, er det vigtigt også at have fokus på trafiksikkerhed. Klimaprojekterne indeholder ofte nye løsninger, og det er derfor vigtigt, at projektet gennemgår en trafiksikkerhedsrevision så tidligt som muligt samt at planlægge på tværs af sektorerne fra starten. Det skal sikre, at trafiksikkerhed indtænkes fra starten, så der i forbindelse med håndtering af vand på vejen og på tværs af vejen skabes sikre løsninger både sommer og vinter. Der må forventes at indgå visse kompromisser i vejdesignet, så der både tages hensyn til regnvandsafledningen, til trafiksikkerheden, til fremkommeligheden og til æstetikken Ved vand på vejarealerne vil afmærkning i mange situationer blive helt eller delvis skjult. På samme måde vil også huller, ujævnheder, riste mv. være sværere at se. For at være sikre på at undgå disse vil især tohjulede trafikanter søge uden om arealerne med vand og dermed være mere udsatte for konflikter med andre trafikanter.

Foto: Rambøll

Et andet væsentligt forhold er at skabe bedst mulig tilgængelighed for alle. Det er vigtigt at sikre gennemtænkte løsninger i forhold til tilgængelighed parallelt med trafiksikkerhed, så der tages hånd om de udfordringer, bl.a. i form af større niveauforskelle, der ofte er i forbindelse med klimatilpasningsprojekter. Derfor er det også nødvendigt at inddrage tilgængelighedsrevisorer tidligt i plan-lægningsforløbet. Men også på dette område, må der forventes kompromisser i vejdesignet, så der både tages hensyn til regnvandsafledningen, til tilgængeligheden og til æstetikken.

Generelt findes der ikke ret mange konkrete erfaringer med trafiksikkerhed og tilgængelighed ved forskellige typer af klimatilpasningsløsninger. De steder, hvor de forskellige løsninger er blevet udført, har de ikke været i drift i tilstrækkelig lang tid til at det er muligt at opsamle konkrete erfaringer. Derfor vil de forskellige fordele/ulemper og præsenterede trafiksikkerhedsmæssige problemstillinger i det efterfølgende være baseret på mere generel erfaringsbaseret viden og ikke på baggrund af før-/efteranalyser ved de konkrete klimatilpasningsløsninger.

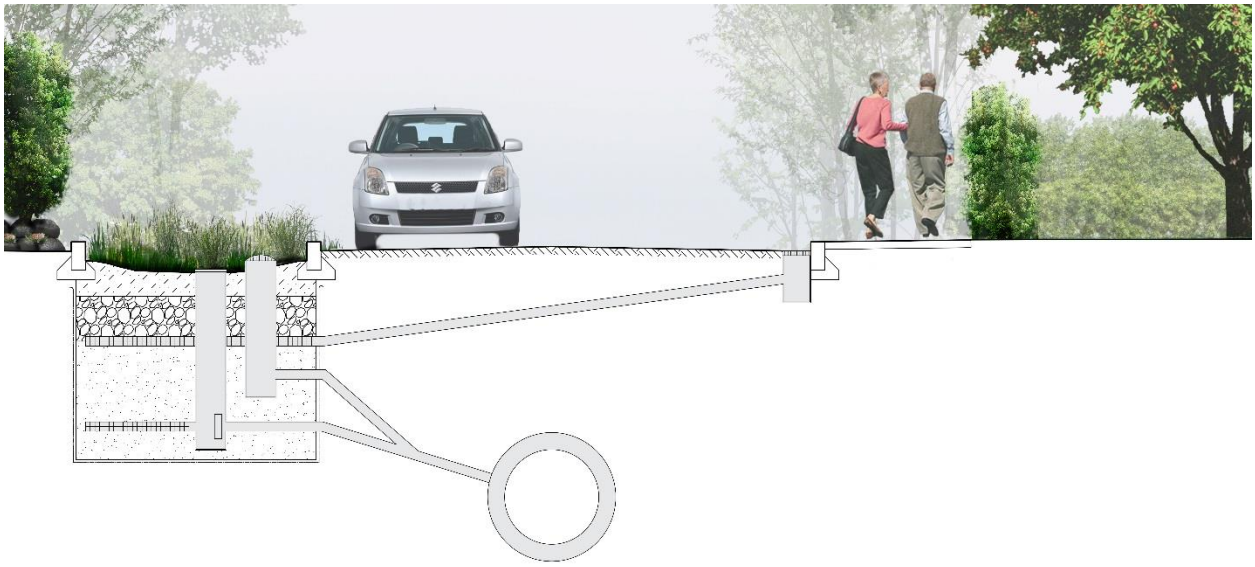
Foto: Rambøll

Drift og vedligehold

Drift og vedligehold skal altid tænkes ind i planlægningen, da der i forbindelse med klimatilpasningsprojekter i mange tilfælde kan være tale om ændrede driftskrav og i nogle tilfælde også forøgede driftsomkostninger. Hensigtsmæssig drift skal tænkes ind i projekteringen både i forhold til valg af materialer, holdbarhed, driftseffektivitet og arbejdsmiljø. Derfor er det vigtigt allerede i projekteringsfasen at udarbejde plejeplaner og driftsmanualer, som giver det nødvendige overblik over ændrede vilkår. Efterfølgende er det ligeledes vigtigt på baggrund af indhøstede erfaringer løbende at foretage tilpasninger for at kunne optimere drift og vedligehold. Generelt vil der i forhold til traditionelle løsninger være tale om større udgifter forbundet med renholdelse og drift. Derudover skal der også være fokus på rensning ved nedsivning af vejvand i permeable overflader, drift/vedligehold, rensning og vedligeholdelse af grøfter, vandrender og regnbede. Som minimum vil der blive tale om nye måder at udføre drift og vedligeholdelse på.

Snerydning og glatførebekæmpelse

Specielt i den kolde årstid er der ved nye klimaprojekter forskellige forhold, som kan forringe trafiksikkerheden. Det gælder ved snefald og ved snedeponering, hvor sneen er medvirkende til at skjule den geometriske udformning og niveauforskelle i form af opspring og sænkninger med påkørselsrisiko og fald til følge. Ved afledning og transport af vand på færdselsarealer og ved permeable befæstelser er der ved frost og sne forøget risiko for glatte og frysende overflader. Ligeledes bør det tidligt i planlægningsforløbet indtænkes, hvordan glatførebekæmpelse mest hensigtsmæssigt kan udføres, også med hensyntagen til anvendelse af alternative tømidler såsom grus eller acetat- eller kaliumformiatsalte for at mindske de skadelige påvirkninger på beplantning i grøfter og regnbede mv. samt på recipienter og grundvand.



Eksempel på opbygning af regnbed. Illustration: Rambøll.

Hæftets indhold

På baggrund af litteraturstudier, internetsøgninger og interviews er der kortlagt og udvalgt projekter og lokaliteter, der indeholder forskellige trafiksikkerhedsmæssige problemer, som efterfølgende er inddelt i følgende seks kategorier:

1. Geometrisk udformning
2. Accept af vand på vejen
3. Niveauforskelle - opspring
4. Niveauforskelle - sænkning
5. Permeable befæstelser
6. Riste

De 6 kategorier indeholder underkategorier, som anført nedenfor. Der er inden for hver kategori udvalgt temaer, som beskriver de klimatilpasningstiltag og uddyber de forskellige trafiksikkerhedsmæssige problemer, der kræver særlig opmærksomhed. Der er ydermere anvist mulige eventuelle ændrings/forbedringsforslag og anbefalinger.

Geometrisk udformning
Ensidigt tværfald
Omvendt tagformet profil (V-profil)
Sænkninger i længde/tværprofil

Accept af vand på vejen - transport af vand på langs og tværs af vejen
Irish Crossing
Forsænkninger, i form af omvendte bump.
Vejen, der anvendes som midlertidigt reservoir/opmagasinering (Delt sti)
Reduktion af vejbrønde med deraf følgende mere vand på vejen
Skybrudsveje

Niveauforskelle - opspring
Regnbede,
Vejkantsbede, kantstensbegrænsninger
Skarpe kanter på begrænsninger og indløb
Opspring ved begrænsninger på reservoirer

Niveauforskelle - sænkning
Åbne render/trug
Render langs kantsten/vejkant
Render/trug midt på vejen
Render/trug på tværs af vejen
Grøfter (grøftebassiner) i vejsider mv.
Reservoirer/opmagasinering i bymæssig sammenhæng og i åbent land

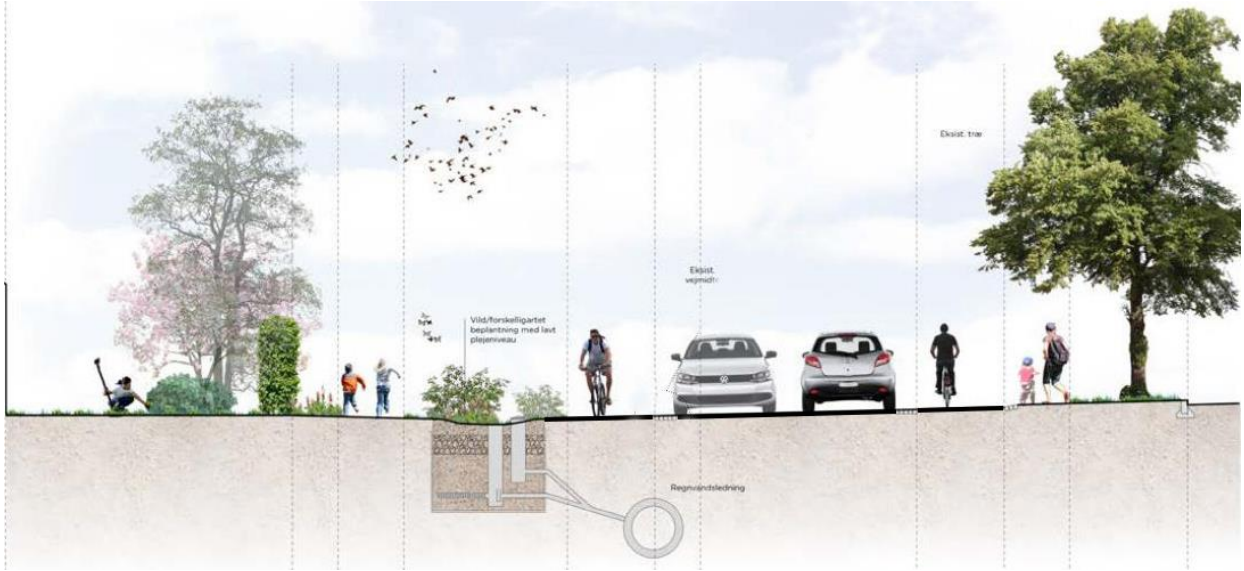
Permeable befæstelser
Overflader:
Asfalt, permeabel
Betonsten, permeabel belægningssten, klimaflisen
Betonsten, permeabel fuge
Natursten, fuger mellem sten
Græsarmering af beton, metal eller plast

Riste
Riste langs kantsten og på tværs af vejen
Riste midt på vejen
Riste i vejside, (motorvej)
Riste i fodgængerområder

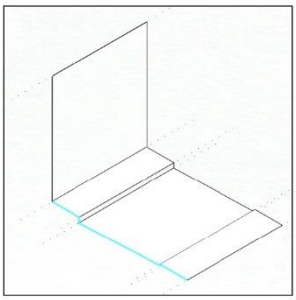
Eksempel på grøft langs vej. Illustration: Rambøll.

Geometrisk udformning

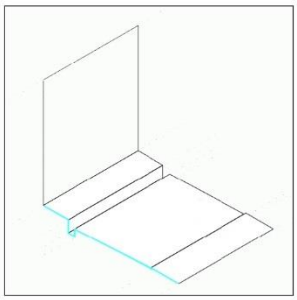
Ensidigt tværfald



Eksempel på vej udført med ensidigt tværfald. Illustration: Rambøll



Eksempel på ensidigt tværfald



Eksempel på ensidigt tvær-fald med rende eller rist i vejside

Eksempel på vej med ensidigt tværfald. Illustration: Rambøll

Beskrivelse

En eksisterende vej i bymæssigt område eller i åbent land kan omprofileres, så vejen får ensidigt tværfald eller en ny vej kan anlægges med ensidigt tværfald.

Funktion og anvendelse

Ensidigt tværfald vil ofte have til formål at opsamle regnvand i vejens ene side. Det kan være, fordi der kun kan anlægges vejbede eller anden type vandmagasinering i den ene vejside eller at der kan opnås en større regnvandskapacitet ved omprofileringen Det kan også være et ønske om at kunne ændre regnvandets strømning (fx. i skybrudssituationer), altså ønsket om en retningsændring i et nærliggende vejkryds. Hvis der i et projekt ønskes, at regnvand i et vejkryds skal omdirigeres, kan det være fordelagtigt at vejens regnvand opstrøms, allerede inden vejkrydset, er ført over i samme vejside, som den sidevej, hvor vandet skal føres videre ad.

Erfaringer, fordele og ulemper

Det er ikke usædvanligt at anlægge veje med ensidigt fald, men der er ikke på nuværende tidspunkt opsamlet mange erfaringer med ombygninger/omprofileringer til ensidigt fald, som er lavet alene på grund af klimatilpasning. En af de store udfordringer ved at omprofilere eksisterende gader, er koteringen og sikring af forholdene ved bl.a. bygningssokler. Høje kanter og manglende kanter kan blive konsekvensen af omprofilering. Eksempelvis er Søndergade i Middelfart omprofileret på denne måde, der er ikke kant (lysning) mellem fortov og kørebane i den ene side og vejen er ensrettet, men med tilladt modstrømscykling. Erfaringer med ensidigt fald anvendt for at ændre strømningen ned ad en sidevej kendes ikke, men det forventes at, sådanne udformninger vil blive udført i nærmere fremtid, bl.a. for at håndtere strømning af ekstreme regnhændelser som skybrud.

Fordele

Afvandingssystemet kan placeres i vejens ene side. Regnvandsstrømningen kan nemmere omdirigeres ad sideveje.

Ulemper

Al regnvand skal på tværs af hele kørebanen, før det opsamles. Dermed kan der forekomme mere vand på kørebanen end ved normalt tagprofil. Ved parkering langs vejen i dennes høje side, kan der være risiko for, at en bil uden trukket håndbremse, ruller ud på kørebanen Ensidigt fald i kurver, hvor den lave del ligger i ydersiden af kurven, skal overvejes nøje, i det dette påvirker kørselsdynamikken i negativ retning. Ensidigt fald bør helt undgås ved hastigheder over 50 km/t.

Trafiksikkerhedsmæssige problemer

Bilister

Et for stort ensidigt tværfald (over 25 promille) kan gøre strækningen ubehagelig at færdes på selv i tørvejr. Ligeledes kan et for stort fald mod ydersiden af kurven give problemer med den dynamiske kørsel.

For bilister udgør ensidigt tværfald en risiko for, at der vil være mere vand på den del af kørebanen, der ligger nærmest afvandingskonstruktionen og dermed en forhøjet risiko for aquaplaning i denne side. Sne og frostsituationer vil skabe den samme type af problemer og kan gøre, at bilister i denne del af kørebanen bliver nødt til at trække ind imod midten af vejen.

Motorcyklister er på samme måde som bilister udsatte for risiko for aquaplaning på den del af køre-banen, der ligger nærmest afvandingskonstruktionen.

Cyklister

Ligesom tilfældet er med bilister, så kan et for stort ensidigt tværfald gøre, at strækningen bliver ubehagelig at færdes på uafhængigt af vejret.

I den ene side af vejen vil der være mere tørt og i den anden side mere vådt i regnvejr, hvilket kan betyde, at cyklisterne vil søge længere ud på kørebanen for at undgå at køre i vandet og kan dermed give anledning til konflikter med bilister. Denne type af konflikt er også relevant at have i tankerne i situationer med sne og frost, da cyklisterne kan have en tendens til at ville have god afstand til sne/is i vejkanten grundet risikoen for fald.

Fodgængere

For fodgængere vil der normalt ikke være nogen ændrede forhold i relation til en normal vej med tagprofil. Dog kan adskillelse mellem fortov og kørebane have ekstra høj kant (lysning), hvilket kan medføre risiko for fald. Det kan også være, at der ingen kant er, hvilket kan opleves som utrygt.

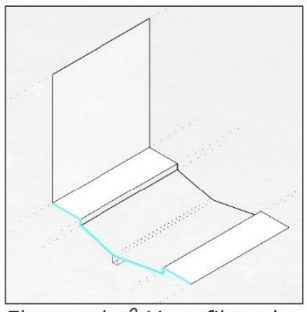
Anbefalinger

Der skal ved udformningen af ensidigt tværfald tages hensyn til vejens samlede bredde, så at bortledningen af regnvandet fra kørebanerne kan ske med omtrent samme serviceniveau som ved normale vejbrønde langs en vej med tagprofil. Således skal der være flere og tættereliggende indløb til afvandingskonstruktionen.

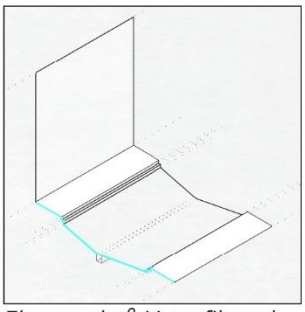
Ensidigt tværfald kan anvendes ved alle hastigheder, men vejens tracéring skal tages i betragtning. Således at det undgås, at den lave del ligger i ydersiden af en kurve, hvis hastigheden er mere end 50 km/t.

Omvendt tagprofil (V-profil)

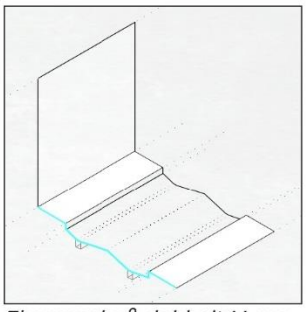
Illustration: Rambøll



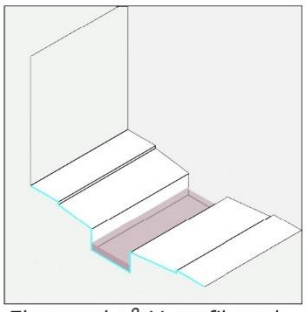
Eksempel på V-profil med central føring af vand



Eksempel på V-profil med høje kantbegrænsninger



Eksempel på dobbelt V-profil



Eksempel på V-profil med centralt lavere beliggende kanal

Illustration: Rambøll

Beskrivelse

En eksisterende vej i bymæssigt område eller i åbent land kan omprofileres, så vejen får omvendt tagprofil (V-profil) eller en ny vej kan anlægges med V-profil, dvs. med dybdepunktet i midten af kørebanen.

Funktion og anvendelse

Formålet med et V-profil er, at opsamling af regnvand sker i vejens midte og at vejens regnstrømningsvolumen dermed øges.

Ofte vil det være en vej, som er udpeget som en såkaldt skybrudsvej, dvs. at vejen skal kunne håndtere større mængder regnvand ved ekstreme regnhændelser.

Skybrudsveje er ønskelige, hvis det skal sikres, at et givent område/opland ikke oversvømmes. Skybrudsveje vil kunne lede vandet fra ekstreme regnhændelser til områder, der er udpeget til oversvømmelse eller til en recipient, fx et vandløb eller en havn.

Erfaringer, fordele og ulemper

Der er på nuværende tidspunkt ikke opsamlet erfaringer med anvendelse af V-profil.

Fordele
Skybrudsvejen får oftest en større volumen i tværsnittet, så vejen kan håndtere regn fra et større opland. Afvandingssystemet til de daglige hændelser og evt. first flush kan udføres forholdsvis simpelt i vejens midte. Med begrebet first flow menes den første regn, der falder, fx. inden for de første 5 minutter af en regnhændelse. Denne regn skal helst sendes til et rensningsanlæg, da den første regn skyller langt hovedparten af stoffer og partikler fra terrænet med sig, der måtte findes på terrænet. Det sker typisk via det eksisterende ledningsnet for forurenet spildevand.

Ulemper
Der skal etableres et regnvandssystem i vejens midte med vejbrønde, som kan klare almindelige regnhændelser. Det betyder, at der vil være vejriste i vejens midte, som der så vil blive kørt på oftere end når vejbrønde placeres langs kantsten, med risiko for støjende riste og slitage. Bilisterne vil opleve vand på kørebanen, når regnmængden overstiger almindelige regnhændelser. Ved parkering langs vejen, kan der være risiko for, at en bil uden trukket håndbremse, ruller ud på kørebanen.

Trafiksikkerhedsmæssige problemer

Bilister
I tørvejr vil have en øget risiko for at ramme modkørendes sidespejle, da vejen hælder ind imod midten. Faldet ind imod midten kan også gøre, at bilisterne trækkes hen imod modkørende. Der skal ved udformningen af V-profil tillige tages højde for krydsdesign. I vejkryds, hvor flere veje mødes, skal man være opmærksom, hvis V-profilet føres igennem krydset, idet dette vejprofil kan være overraskende for trafikanterne fra de krydsende veje.

For bilister udgør V-profilet en risiko for, at der vil være mere vand på midten af kørebanen end ved et normaltprofil. Dermed er der en forøget risiko for aquaplaning og ved vand i lavpunktet vil afmærk-ning kunne blive helt eller delvis skjult ligesom ujævnheder, riste mv. Parkering langs denne type af veje kan ligeledes skabe det problem, at der for bilister på vejen ikke vil være muligt at køre uden om eventuelle store vandpytter. Det omvendte tagprofil kan ligeledes skabe problemer ved sne og vekslen mellem tø og frost, hvor der er risiko for frysende, glatte midterarealer med deraf følgende fare for udskridning. Et sådant glat midterareal kan tvinge bilisterne længere ud imod vejsiden og dermed skabe konflikter med eventuelle cyklister. Motorcyklister er på samme måde som bilister udsatte for risiko for aquaplaning.

Cyklister
Et omvendt tagprofil vil gøre, at cyklister vil føle, at cyklen vil trække væk fra vejkanten, og dermed ind imod ”bilistens areal”.

Ved vand på vejen midterareal vil afmærkning i mange situationer blive helt eller delvis skjult. På samme måde vil også huller, ujævnheder, riste mv. være sværere at se, så specielt tohjulede trafikanter vil for at være sikre på at undgå disse søge uden om arealerne med vand/sne og dermed være mere udsatte for konflikter med andre trafikanter. Et V-profil vil alt andet lige betyde en bedre komfort for cyklisterne, da der ikke er riste eller regnvand i vejsiden.I regnvejr kan der være en risiko for, at bilisterne trækker væk fra vandet i vejmidten og dermed ind mod kørebanens yderkant. Hvis der ikke er cykelstier, vil dette kunne presse cyklisterne.

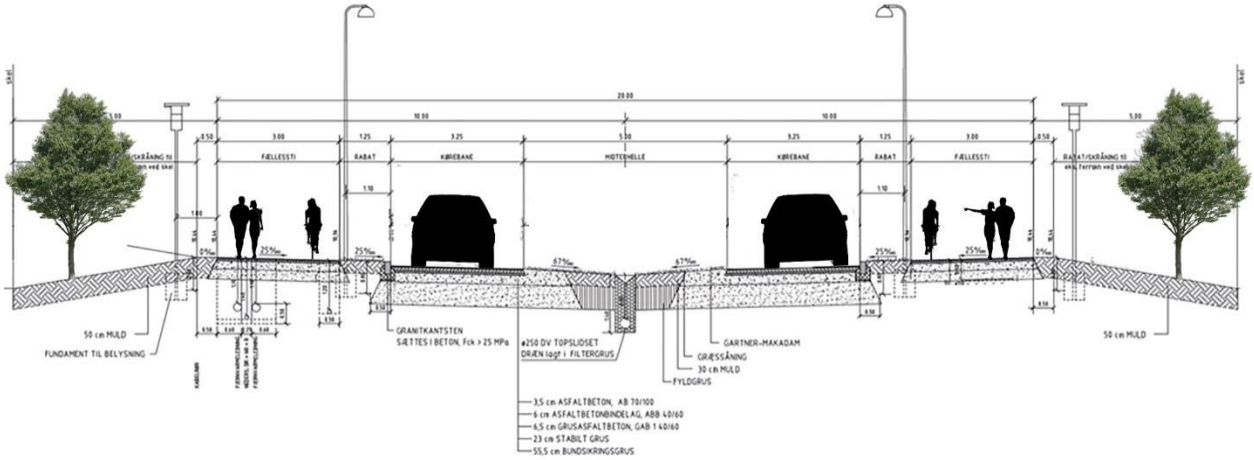
Fodgængere
Fodgængere vil ikke opleve nævneværdige gener ved denne udformning.

Anbefalinger

Der bør overvejes opsætning af A31 tavle (Glat vej) med undertavle UA 31,5 (Glat i vådt føre) evt. UA 31 (Isglat) Det kan overvejes, om vejmidten og afvandingen her, skal udføres så der ikke kan køres på midten af kørebanen, hvilket i praksis vil medføre en adskillelse af de 2 køreretninger.

V-profil kan anvendes ved alle hastigheder, hvor også normalt tagprofil anvendes.

Trekroner Parkvej i Roskilde. Foto: Rambøll



Eksempel på vej med omvendt tagprofil, Trekroner Parkvej i Roskilde. Illustration: Rambøll

Referenceprojekter med omvendt tagformet profil kan findes på følgende lokaliteter:

2011-13: Trekroner Parkvej, Roskilde Kommune
2012: Torvestræde, Vordingborg Kommune

Accept af vand på vejen

Transport af vand på tværs af og langs vejen
Omvendt bump

Eksempel på vej med omvendt bump, Skovengen i Kokkedal. Foto: Rambøll

Beskrivelse
Et omvendt bump er en lokal sænkning af en kørebane over en kort strækning på en vej i bymæssigt område.

Funktion og anvendelse
Et omvendt bump anvendes i de tilfælde, hvor regnvand ønskes ført over til vejens modsatte side, ofte i forbindelse med, at vandet herefter ledes til et regnbed placeret lige uden for kørearealerne. Ved ekstreme regnhændelser vil meget regnvand løbe forbi det sænkede område. Det betyder at sænkning af strækningen alene fungerer ved små og almindelige regnhændelser.

Erfaringer, ulemper, fordele
Der er på nuværende tidspunkt indhøstet ganske få erfaringer, dels fra et boligområde i Trørød i Rudersdal Kommune og dels fra et boligområde i Kokkedal i Fredensborg Kommune. Der er endnu ikke udviklet et design, som kan anbefales som standard. Det er heller ikke muligt at sige noget om, hvorvidt omvendte bump svarer til de typegodkendte vejbump. Afmærkningsteknisk kan denne type af bump også være en udfordring, da det kan være vanskeligt at gøre afmærkningen af det omvendte bump tydelig for trafikanterne.

Ulemper
Ved regnhændelser vil der være vand i dybdepunkterne. Der findes ikke vejledning om udformning af omvendte bump på nuværende tidspunkt. Derudover kan der samle sig grus og sandaflejringer i dybderenden, som kan medføre udskridning for biler, motorcykler og cykler. Ved etablering sænkes kørebanen og dermed vil der ske en reduktion af selve vejkassens opbygning. Derfor vil det muligvis være nødvendigt at genopbygge hele eller dele af vejkassen.

Fordele
Foranstaltningen kan minde om et vejbump, bare omvendt. Afhængigt af udformningen, så kan det omvendte bump have en hastighedsreducerende effekt. Det er imidlertid vanskeligt at sige noget generelt om den geometriske udformning og sammenhængen med den hastighedsdæmpende effekt, da udformningen er meget afhængig af den enkelte lokalitets kotemæssige bindinger samt det forhold, at det omvendte bump i tværprofil ofte er asymmetrisk udformet. Der er endnu ikke kendskab til før/efter-analyser i forhold til den hastighedsdæmpende effekt.

Trafiksikkerhedsmæssige problemer

Bilister
For bilister udgør omvendte bump nogenlunde samme risiko som almindelige bump. Hvis bilisterne kører hurtigere end den skiltede hastighed, vil bump-effekten øges. Om vinteren, ved sne og vekslen mellem tø og frost er der risiko for frysende, glatte vejarealer med deraf følgende fare for udskridning. Grus på kørebanen kan føre til udskridning for biler. Derudover er det for bilisterne ikke muligt at vurdere, hvor dybt vandet er, hvilket kan få dem til at trække over i det modsatrettede spor. Motorcyklister er på samme måde som bilister udsatte ved passage blot mere sårbare.

Cyklister
For cyklister vil bump-effekten være mindre end for bilister, men eventuelle grus- og sandaflejringer kan udgøre en risiko for udskridning på samme måde som der om vinteren vil være risiko for frysende, glatte vejarealer med deraf følgende fare for udskridning og fald. Derudover vil det, ligesom for bilisterne, være vanskeligt for cyklisterne at vurdere vanddybden, og dermed vil trække væk fra vejkanten og ind imod vejmidten.

Fodgængere
For fodgængere er der ikke nogen øget risiko, dog vil der om vinteren være risiko for frysende, glatte vejarealer med deraf følgende større fare for udskridning og fald ved krydsning af omvendte bump. For både blinde, stærkt svagsynede og mennesker med nedsat mobilitet vil der ikke være større gener forbundet med det omvendte bump, dog vil der om vinteren være risiko for frysende, glatte kørearealer med deraf følgende større fare for udskridning og fald ved passage af det omvendte bump.

Anbefalinger

Det anbefales at benytte omvendte bump på boligveje og andre veje, der er egnede til trafiksanering, hvis der også er behov for klimatilpasning. Der bør opsættes skilt med advarsel om, at vejen kan være oversvømmet ved kraftig regn og der bør skiltes med blå hastighedstavler med en maksimal hastighed på 40 km/t. eller lavere. Der bør opsættes A31 tavle (Glat vej) med undertavle UA 31,5 (Glat i vådt føre) evt. UA 31 (Isglat) Større vandmængder kan sandsynligvis flyttes på tværs, hvis der anlægges en form for rende med rist i den nedsænkede del. En sådan rende vil også forhindre, at der står vandpytter efter nedbør.

Det skal nævnes, at traditionelle vejbump, også kan bruges til at omdirigere eller spærre for regnvand, eksempelvis forhindre indløb til sidevej. Som projekterende skal man dog være opmærksom på, at et vejbump anlagt på en vej med traditionelt tagprofil, vil skabe en lunke på kørebanen, så der skal suppleres med en form for rist/vejbrønd el.lign.

Referenceprojekter med omvendte bump kan findes på følgende lokaliteter:
2017: Skovengen i Kokkedal, fordelingsvej/boligvej, Fredensborg Kommune
2016: Viekær i Trørød, boligvej. Rudersdal Kommune

Accept af vand på vejen

Irish Crossings

Eksempel på Irish Crossing i Skotland. Foto: Rambøll

Beskrivelse

En Irish Crossing er en kortere strækning på en vej, hvor vejprofilet er sænket, så der opstår et dybdepunkt, der kan lede regnvand eller større mængder vand fra vandløb på tværs. Irish Crossings benyttes oftest i åbent land men kan også benyttes i bymæssig bebyggelse.

Funktion og anvendelse

En Irish Crossing etableres for at gøre det muligt at lede vand på tværs af vejen. Normalt vil almindelige regnhændelser blive ledt under vejen via rør placeret tæt på overfladen, men ved større eller ekstreme regnhændelser skal regnvandet kunne løbe over vejen. Irish Crossings ses ofte i lande med decideret regntid. Men der er allerede udført enkelte Irish Crossings i Danmark. Denne leder dog regn hen over vejen ved alle regnhændelser og opsamler derefter vandet i vej-brønde.

Erfaringer, ulemper og fordele

I Danmark er der på nuværende tidspunkt alene indhøstet erfaringer fra den anlagte Irish Crossing i Vanløse.

Ulemper

Både biler og cykler kører i vand, når der er regnhændelser. Vejforløbet får ofte et lokalt lavpunkt, som kan influere på kørselsdynamikken.

Fordele

Irish Crossings kan benyttes som en hastighedsdæmpende foranstaltning i områder, hvor sådanne er ønskelige. Denne funktion skal også virke i tørvejr.

Trafiksikkerhedsmæssige problemer

Bilister

For bilister betyder en Irish Crossing i tørvejr, at bilen skal køre ned i en form for lavning og op igen som et langstrakt omvendt bump. Det betyder, at hastigheden skal tilpasses vejens geometri. I regnvejr vil bilisterne ud over ovenstående også køre i regnvand. I ekstreme situationer med ekstraordinært meget vand vil dybden af vand være forholdsvis højt. Om vinteren, ved sne og vekslen mellem tø og frost er der risiko for frysende, glatte vejarealer med deraf følgende fare for udskridning. Motorcyklister er på samme måde som bilister udsatte ved passage af vandfyldte Irish Crossings, men mere sårbare.

Cyklister

For cyklister gælder samme som for bilisterne men i endnu højere grad udgør vandfyldte Irish Crossings både en gene og en sikkerhedsmæssig risiko med fare for udskridning og fald. Om vinteren vil der være risiko for frysende, glatte vejarealer med deraf følgende større fare for ulykker.

Fodgængere

For fodgængere gælder samme forhold som for cyklister og for blinde, stærkt svagsynede og mennesker med nedsat mobilitet, hvor der om vinteren vil der være risiko for frysende, glatte vejarealer med deraf følgende større fare for udskridning og fald ved passage.

Anbefalinger

Det anbefales alene at benytte Irish Crossings, hvor det er en nødvendighed for regnvandshåndteringen. Der findes ingen vejledninger om teknisk detailudførelse på nuværende tidspunkt, men det er vigtigt med en vejbredde, hvor bilister (især tunge køretøjer) ikke kommer for tæt på kanten og dermed kan ødelægge vejopbygningen. Udformningen af lavningen skal tage højde for vejens skiltede hastighed eller også skal hastigheden evt. nedjusteres. Der skal opsættes skilt med advarsel om, at vejen kan være oversvømmet ved regn. Irish Crossings kan udformes på forskellig vis og kan principielt benyttes på veje med en maksimal hastighed på 60km/t. Der bør opsættes A31 tavle (Glat vej) med undertavle UA 31,5 (Glat i vådt føre) evt. UA 31 (Isglat). Strækningen med Irish Crossing bør være afmærket med kantpæle for at markere vejsiden og synliggøre den ved vand på vejen.

Referenceprojekter på irish crossings kan findes på følgende lokaliteter:

2015. Krogebjerg Parkvej i Vanløse, Københavns Kommune.

Niveauforskelle - Opspring

Kant- og regnbede

Eksempel på regnbed, Kong Hans Allé i Gentofte. Foto: Rambøll

Beskrivelse

Et regnbed er en fordybning i terrænet, eller et beplantet bed med plads til, at regnvand kan nedsive eller forsinkes.

Funktion og anvendelse

Regnbede kan anvendes mange steder fortrinsvis i bymæssig bebyggelse, for eksempel langs veje/gader, ved parkeringspladser, ved bolig- eller erhvervsområder for at håndtere overflade- og tagvand. I enkelte tilfælde kan regnbede etableres for at undgå at anlægge en ny, større kloak for at afhjælpe problemet med overfladevand. Overfladen i regnbede varierer, men oftest er bedene beplantet og planterne står typisk i en ubefæstet jordoverflade, men overfladen kan også være dækket af grus eller mindre sten.

Regnbede kan anvendes og udformes på mange måder, eksempelvis som plantetrug, der er en beplantet grøft, hvor vandet ledes hen og forbliver indtil det er nedsivet eller fordampet. Regnbedet kan også udformes som et kantstensbed, hvor vejvandet ledes ind i bedets ene ende og kan være opdelt i flere niveauer, hvor vandet kan opmagasineres, neddrosles eller nedsive. Regnbede er typisk omkranset af en kantsten eller anden højere begrænsning og forsynet med forskellige former for indløb eller mellemrum i kantbegrænsningen, hvor vandet kan løbe ind.

Erfaringer, fordele og ulemper

Der er på nuværende tidspunkt opsamlet erfaringer med anvendelse af forskellige typer af regnbede fra en række projekter i forskellige bymæssige sammenhænge.

Fordele

Regnbede kan anvendes som hastighedsdæmpende foranstaltning, som indsnævring, forsætning eller som en-sporet strækning. Hvis regnbedet kan betragtes som en forsætning skal gældende regler om affasede kantsten følges. Regnbede kan med beplantning være med til at skabe variation og oplevelser i gaderummet.

Ulemper
Et regnbed optager fysisk plads i gaderummet og der kan derfor ofte blive tale om en reduktion af antallet af p-pladser. Anvendelse af regnbede kan også forstyrre trafikanternes opfattelse af gade- eller vejforløbet og kan ved brug af højere beplantning give forringede oversigtsforhold. Høje kanter kan til dels sidestilles med faste genstande, hvis det ikke er muligt at køre henover disse.

Trafiksikkerhedsmæssige problemer

Bilister
For bilister udgør høje kantbegrænsninger og mellemrum ved indløb i kantbegrænsningerne til bede, langs kørearealer risiko for påkørsel og risiko for at hjulene sætter sig fast med deraf følgende fare for skade. Ved samling af sne i forbindelse med vanskeligere rydning heraf og ved vekslen mellem tø og frost kan der i begrænset omfang være risiko for frysende, glatte vejarealer med deraf følgende fare for udskridning. Hvis antallet af parkeringspladser reduceres væsentligt ved etablering af regnbede, vil der kunne opstå en risiko for at bilisterne parkerer uhensigtsmæssigt til fare for trafiksikkerheden.
Motorcyklister er på samme måde som bilister udsatte ved påkørsel af kantsten, men mere sårbare.

Cyklister
I endnu højere grad end for bilister udgør høje kantbegrænsninger, mellemrum ved indløb i kantbegrænsninger til bede, mv., for cyklister en sikkerhedsmæssig risiko i form af konflikt med pedalerne og risiko for påkørsel eller at hjulene sætter sig fast med deraf følgende fare for udskridning og fald. Ved mangelfuld snerydning og ved vekslen mellem tø og frost kan der i begrænset omfang være risiko for frysende, glatte vejarealer med deraf følgende fare for udskridning og fald.

Fodgængere
For fodgængere er der ligeledes risici for fald pga. høje kantbegrænsninger samt mellemrummene i kantbegrænsningerne mv. Det gælder i særdeleshed blinde, stærkt svagsynede og mennesker med nedsat mobilitet. Ved mangelfuld snerydning og ved vekslen mellem tø og frost kan der være risiko for frysende, glatte vejarealer med deraf følgende fare for fald. Langsgående bede med en større udstrækning uden mulighed for eller kun med besværlig passage kan udgøre en barriere for krydsende fodgængere, kørestols-/rollatorbrugere.

Anbefalinger

Der skal ved udformningen af regnbedene og i særdeleshed ved detailudformning af kantbegrænsningerne rettes særlig opmærksomhed på løsningerne, så skaderne ved eventuel påkørsel reduceres. Det kan ske ved eksempelvis at anvende affasede kantsten i stedet for skarpkantede, afrundede kanter ved indløb eller skabe en afstandszone til bedet, så trafikanterne naturligt holder afstand og som samtidigt ville kunne fungere som vejledning for blinde og stærkt svagsynede. Bede med stor længdeudstrækning bør også udformes med krydsningsmuligheder med maksimalt 100 m's mellem-rum. Ved projektering af veje og gader med regnbede bør parkerings-behovet afdækkes.

Det anbefales kun at benytte regnbede og kantbede med opspring på veje med en maksimal hastighed på 40 km/t. Vejledende afhængigt af vejens tværsnit og indretning i øvrigt.

Referenceprojekter på kant- og regnbede kan findes på følgende lokaliteter:
2017: Kongedybs Allé, boligvej/stillevej, Københavns Kommune
2016: Kong Hans Allé og Marsk Stigs Allé, Boligvej, Gladsaxe Kommune
2016: Søndergade, bygade/boligvej, Middelfart Kommune
2014: Lindevang, boligvej, Brøndby Kommune

Eksempel på dybt kantbed i siden af vejen udført i beton med stor lysning mod kørebane og cykelsti, Vejle. Foto: Vejle Kommune

Eksempel på regnbed med udsparing med skarpe, høje kanter til indløb i kantbegrænsning.
Foto: Studio Dreiseitl.

Eksempel på regnbed med stor lysning og forskellige dybder.
Foto: Studio Dreiseitl.

Eksempel på regnbed med sænket kantsten til indløb regnbed, Lørenskogsvej, Rødovre. Rødovre kommune

Sløjfen ved Lindevangsparken. Fotoet viser hvordan man med kontrastfarver kan synliggøre kanter og opspring. Til venstre en opkant markeret med hvid termoplast til højre et byrumselement fremstillet i hvid beton mod de sorte betonklinker. (Ledelinien i midten af fotoet burde være mere kontrastfuld). Foto: Rambøll.

Niveauforskelle - sænkning

Render

Eksempel på vej med rende, Søndergade i Middelfart. Foto: Rambøll

Beskrivelse

Vandrender er en fordybning i køre- eller gangarealer og kan udformes som fladere trug eller med mere skarpkantede profiler støbt på stedet eller kan etableres med præfabrikerede elementer.

Funktion og anvendelse

Renderne kan anvendes for eksempel langs/på veje, ved parkeringspladser, ved bolig- eller erhvervsområder for at håndtere overflade- og tagvand og for i nogle tilfælde at undgå at anlægge en ny, større kloak for at afhjælpe problemet. Afhængig af lokale forhold kan vandet enten transporteres hurtigt videre eller forsinkes og udledes til nærliggende egnede arealer eller recipient. Vandrender kan desuden kobles til eksisterende kloak og dermed fungere som et forsinkelsesanlæg.

Afhængigt af størrelse kan vandrender håndtere hverdagsregn fra vejfladen op til en traditionel dimensionsgivende regn eksempelvis 5- eller 10-årsregn. Ved overskridelse af dimensionsgivende regn ved skybrud kan selve vejarealet eller andre tilstødende arealer benyttes til midlertidig opmagasinering af regnvandet.

Erfaringer, fordele og ulemper

Der er gennem de senere år gjort flere erfaringer med vandrender i forskellige bymæssige sammenhænge, men da alle projekterne er af nyere dato foreligger der ikke konkrete erfaringer med vedligeholdelse af anlæggene og det er ikke muligt at give entydige anbefalinger for bredder eller dybder.

Fordele

Åbne vandrender kan med synligt, rindende vand være med til at skabe liv, aktivitet og leg og forsynet med byinventar være med til at skabe variation og oplevelser i byrummet.

Ulemper
Anvendelse af åbne vandrender kan opdele gade- og byrum og skabe omveje. Der kan opstå konfliktsituationer i smalle gader, hvor byliv og færdsel skal ske på et mindre, smallere areal. Renderne kræver løbende renholdelse og dermed store driftsmæssige krav for at fungere og fremtræde attraktive. Denne løsning stiller også krav til belysningen, da det i dårlig belysning kan være vanskeligt at se renderne og det vil ikke være muligt at vurdere dybden af renderne.

Trafiksikkerhedsmæssige problemer

Bilister
For bilisterne udgør render langs kørearealer risici for at hjulene kommer ud i renden eller sætter sig fast med fare for skade til følge. Ved mangelfuld snerydning kan renden blive tildækket og dermed udgøre en skjult kollisionsrisiko for bilisterne. Ved render midt på kørebanen kan sne og tø og frost medføre risiko for frysende, glatte vejarealer med deraf følgende fare for udskridning og sammenstød. Samme forhold gør sig gældende for motorcyklister.

Cyklister
Ovenstående forhold gør sig også gældende for cyklister, men med den forskel, at konsekvenserne for at et hjul evt. kommer ned i en rende, vil være større, da risikoen for personskade vil være betragtelig.

Fodgængere
For fodgængere er der ligeledes risiko for fald pga. rendernes højdeforskel i forhold til de omgivende gangarealer. Ved mangelfuld snerydning kan renden blive tildækket og dermed udgøre en skjult faldrisiko for fodgængere og ved vekslen mellem tø og frost kan der i begrænset omfang være risiko for frysende, glatte render med deraf følgende fare for udskridning og fald.

For både blinde, stærkt svagsynede og mennesker med nedsat mobilitet betyder åbne render en forringet tilgængelighed og der er øget risiko for udskridning og fald på samme måde som for andre fodgængere. Åbne langsgående render med en større udstrækning uden mulighed for eller kun med besværlig passage kan udgøre en barriere for krydsende fodgængere, kørestols-/rollatorbrugere m.fl.

Anbefalinger

Ved udformningen af renderne skal der rettes særlig opmærksomhed på at synliggøre renderne, så kollision med renderne undgås og skaderne ved eventuel påkørsel reduceres. Det kan ske ved eksempelvis at undgå dybe render, anvende niveauspring med lav lysning som varsling, afvigende materialer eller farver for at tydeliggøre renden eller etablere en afstandszone til renden, så trafikanterne naturligt holder afstand. Render med stor længdeudstrækning bør udformes med krydsningsmuligheder i form af eksempelvis rist eller rørunderføringer med maksimalt 100 m's mellemrum. Mange rendeløsninger kan ligeledes udføres med riste, hvilket vil fjerne mange af problemstillingerne ved denne løsning. Et alternativ til riste kan være etablering af hjulværn, men denne udformning kan udgøre en faldrisiko for fodgængere.

Det anbefales kun at benytte render langs veje med en maksimal hastighed på 40 km/t vejledende afhængigt af vejens tværsnit og indretning i øvrigt. Anvendes trugformede render på tværs af kørearealer bør disse ikke bruges ved hastigheder over 15-20 km/t.

Referenceprojekter render kan findes på følgende lokaliteter:

2016: Søndergade, bygade, Middelfart Kommune
2016: Byskellet i Låsby, boligvej/fordelingsvej, Silkeborg Kommune
2013: Trekroner, Boligvej, Roskilde Kommune
2012: Kirkestræde, bygade, Vordingborg Kommune

Eksempel på åben rende midt på vejen udført i betonbelægningssten, Arnhem, Holland. Foto Rambøll.

Eksempel på åben, lav vandrende i siden af vejen udført i corten steel, Byskellet i Låsby, Silkeborg. Foto: Vandvejen.dk

Eksempel på åben vand-rende i siden af vejen udført i beton, Sønder-gade, Middelfart. Foto: Rambøll.

Eksempel på dyb vandrende i gammel bymidte. Rambøl

Eksempel på trug sat i granit-brosten på tværs af kørebane. Trugene skal udformes, så de ikke giver anledning til væsentlig gene for trafikanterne. Foto Rambøll.

Niveauforskelle - sænkning

Grøfter og trug

Eksempel på byvej med grøft i Gladsaxe. Foto: Nordvand/Orbicon

Beskrivelse

Grøfter er en fordybning typisk langs vejens sidearealer køre- eller gangarealer og kan udformes som smalle, fladere grøfter i kanten af vejanlægget eller mellem eksempelvis kørebane og cykelsti eller fortov eller dybere og bredere grøfter i åbent land i siden af en vejstrækning.

Funktion og anvendelse

Grøfter kan anvendes eksempelvis langs veje, ved parkeringspladser, ved bolig- eller erhvervs-områder for at håndtere overflade- og tagvand. Afhængig af lokale forhold kan vandet enten transporteres hurtigt videre eller forsinkes og udledes til nærliggende egnede arealer eller recipient. Beplantning er ofte vigtig del af grøften og kan desuden kobles til eksisterende kloak og dermed fungere som forsinkelsesanlæg. Forsinkelsen sker ved, at vejvand nedsives og renses gennem et lag beplantet filtermuld. Grøfter benyttes i både bymæssig bebyggelse og i åbent land. Grøfter kan afhængigt af størrelse håndtere hverdagsregn fra vejfladen op til en traditionel dimensionsgivende regn eksempelvis 5- eller 10-årsregn. Ved overskridelse af dimensionsgivende regn ved skybrud kan vejarealet, tilstødende arealer eller underliggende magasinvolumen i en faskine benyttes til midlertidig opmagasinering af regnvandet.

Erfaringer, fordele og ulemper

Der er gennem de senere år gjort flere erfaringer med grøfter i forskellige både bymæssige sammenhænge og særligt i åbent land. Der er mange erfaringer med drift af grøfter i åbent land, hvorimod der kun foreligger begrænsende erfaringer med vedligeholdelse af anlæggene i byer.

Fordele

Grøfter kan med synligt vand og beplantning være med til at skabe variation, aktivitet og leg samt skabe variation og oplevelser i vej- og byrummene.

Ulemper
Anvendelse af grøfter i bymæssig sammenhæng kan opdele gade- og byrum og skabe omveje for især lette trafikanter. Der kan opstå konfliktsituationer i smalle gader, hvor byliv og færdsel skal ske på et begrænset areal. Grøfterne kræver løbende drift i form af oprensning, slåning evt. genplantning for at fungere og fremtræde attraktive.

Trafiksikkerhedsmæssige problemer

Bilister
For bilisterne udgør grøfter langs kørearealer risiko for at forulykke i grøften og ved nedsivningsgrøfter langs vejsider med større og mere permanent vandstand er der risiko for drukning. Ved mangelfuld snerydning kan grøfterne blive tildækket og dermed udgøre en skjult kollisionsrisiko for bilisterne. Ved grøfter mellem kørearealer og fortov kan sne,tø og frost medføre risiko for frysende, glatte overflader med deraf følgende fare for udskridning og fald. Faste genstande såsom metalskot, større eller mindre sten kan udgøre en risiko ved på påkørsel. Samme forhold gør sig gældende for motorcyklister.

Cyklister
Ovenstående forhold gør sig også gældende for cyklister.

Fodgængere
For fodgængere er der ligeledes risiko for fald pga. grøfternes højdeforskel i forhold til de omgivende arealer. Ved mangelfuld snerydning kan grøfter blive tildækket og dermed udgøre en skjult faldrisiko for fodgængere og ved vekslen mellem tø og frost kan der i begrænset omfang være risiko for frysende, glatte overflader med deraf følgende fare for fald. For både blinde, stærkt svagsynede og mennesker med nedsat mobilitet betyder grøfter over længere strækninger en forringet tilgængelighed og der er øget risiko for fald på samme måde som for andre fodgængere. Langsgående grøfter med en større udstrækning uden mulighed for eller kun med besværlig passage kan udgøre en barriere for krydsende fodgængere, kørestols-/rollatorbrugere m. fl.

For alle trafikanter vil der være en mindre risiko for at drukne, hvis man forulykker i større grøfter mens denne er vandfyldt.

Anbefalinger

Der skal ved udformningen af grøfter være særlig opmærksomhed på at synliggøre grøfter, så konflikter undgås og skaderne reduceres. Det kan ske ved eksempelvis at undgå meget dybe grøfter, eller etablere en afstandszone til grøften, så trafikanterne naturligt holder afstand. Grøfter med stor længdeudstrækning bør udformes med krydsningsmuligheder i form af eksempelvis rist eller rørunderføringer med maksimalt 100 m's mellemrum.

Det anbefales kun at benytte grøfter langs veje med en maksimal hastighed på 50 km/t i bymæssig bebyggelse, i åbent land med en maksimal hastighed på 90 km/t afhængigt af vejens tværsnit, skråningsanlæg og udformning i øvrigt.

Det er vanskeligt at opnå stort vandvolumen i smalle grøfter, derfor kan det være fordelagtigt at samle vejelementerne i den ene side og etablere en bred grøft i vejens anden side.

Referenceprojekter på grøfter findes på følgende lokaliteter:
2016: Søndre Parkvej, Ringsted Kommune
2015: Nordahl Griegsvej, Gladsaxe Kommune

Eksempel på flad, lav grøft uden fast kantbegrænsning, Nordahl Griegsvej, Gladsaxe, Foto: Gladsaxe Kommune.

Eksempel på smal, grøft med kantstensbegrænsning. Foto:Studio Dreiseitl.

Eksempel på dyb, befæstet grøft med beplantning. Foto: Studio Dreiseitl.

Permeable befæstelser

Eksempel på permeabel belægning, Helenevej på Frederiksberg. Foto: Rambøll

Beskrivelse

Permeable (vandgennemtrængelige) befæstelser er overflader, som lader nedbøren sive igennem og som har til formål at absorbere og forsinke store mængder regnvand.

Anvendelse

Permeable befæstelser er løsninger i både bymæssige områder og i åbent land for afvanding af arealer som for eksempel gader og veje for også at opnå forsinkelse og/eller magasinering af regnvand. Dette kan være på både køre- og gangarealer, parkeringsspor langs vej eller på egentlige parkeringspladser både i bymæssig sammenhæng og i åbent land. Nedbøren siver enten via fugerne eller gennem selve belægningen ned i bærelaget, der eksempelvis består af grus, skærver eller kassetter og videre ned i jorden. Regnvandet kan også sive gennem en del af befæstelsen, hvorefter et dræn leder vandet bort. Befæstelsen kan på kørearealer være permeabel asfalt eller forskellige former for betonbelægningssten, på parkeringsarealer anvendes også mere åbne overflader som græsarmering, udført i materialer som beton, natursten, metal eller plast. Ofte er parkeringsarealer udført med brede fuger, der tillader nedsivning mellem belægningselementer. På arealer, der overvejende anvendes af fodgængere, benyttes udover beton- og naturstensbelægninger også mere åbne overflader som grus eller forskellige kompositmaterialer som fx. epoxystabiliseret grus.

Erfaringer, fordele og ulemper

Der er gennem de senere år gjort flere erfaringer med permeable befæstelser i flere sammenhænge, men da alle projekterne er af nyere data er der kun begrænsede konkrete erfaringer med vedligeholdelse af anlæggene.

Fordele

Permeable befæstelser, som oftest er mere åbne overflader, kan mange steder være naturlige og kan tilføre gaden eller byrummet en mere grøn og attraktiv karakter og være medvirkende til at skabe variation. Ved at anvende permeable befæstelser opnås nedsivning og forsinkelse af nedbør uden inddragelse af vejareal. Der skabes på denne måde mere plads i gaderummet og der ikke skal anvendes traditionelle vejbrønde mv. Afhængig af den permeable belægningstype, kan der også opnås en øget fordampning.

Ulemper
Ved kraftig regn kan der opstuves vand på overfladen og ved lettere befæstede arealer som græs-armering eller grus, kan overfladen blive opblødt, mudret og derfor glat med eventuelle efterfølgende ujævnheder som resultat. Ved de permeable befæstelser er der endnu ikke høstet brugbareerfaringer i forhold til ophobning af alge- og mosvækst ved steder, hvor der er begrænset slid, hvilket f.eks. kan være områder på cykelstier eller lign. Der er ved de fleste af løsningerne med permeable befæstelser en del omkostninger forbundet med løbende drift og vedligehold. For belægningssten er der estimeret fejning/sugning samt påfyldning af nyt fugemateriale ca. hvert 5. år og for asfalt er estimeret fejning/sugning hvert 3-5. år. Nødvendigheden af udlægning af ny bitumen er vurderet til hvert 9-15. år.

Trafiksikkerhedsmæssige problemer

Bilister
Ved kraftig nedbør vil der kunne samles vand på overfladerne, hvilket kan resultere i aquaplaning. Om vinteren ved sne og vekslen mellem tø og frost er der risiko for frysende, glatte overflader med deraf følgende fare for udskridning. Motorcyklister er på samme måde som bilister udsatte ved kørsel på permeable befæstelser, men mere sårbare.

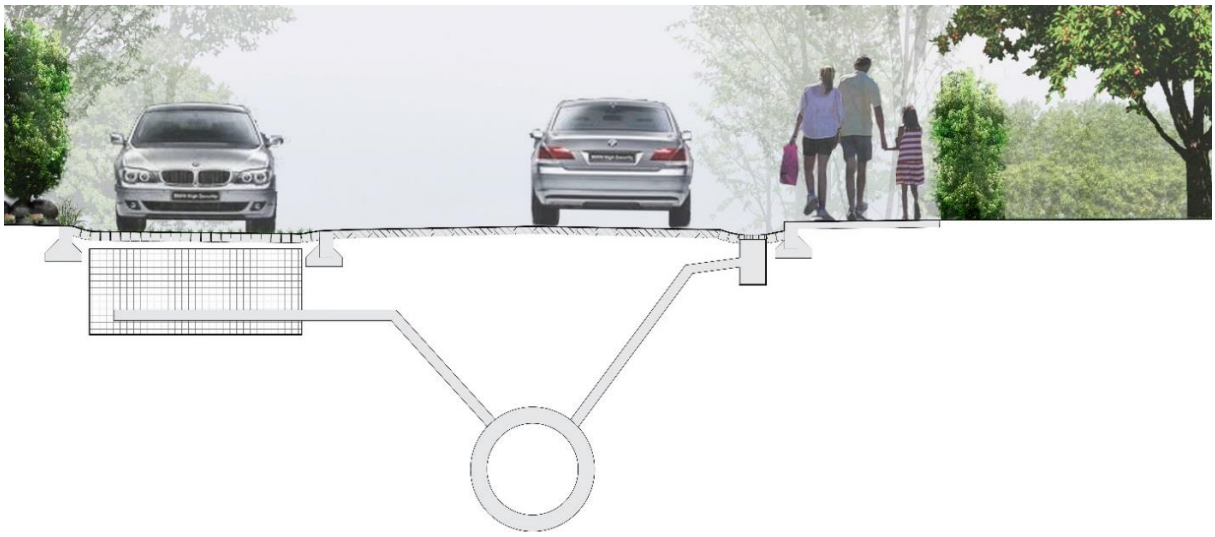
Cyklister
Samme forhold som ved bilister gør sig også gældende for cyklister.

Fodgængere
For de lettere og mere åbne, befæstede arealer som eksempelvis græsarmering kan overfladen ved kraftig nedbør blive opblødt og derfor glat med risiko for fald. Ved mangelfuldt vedligehold kan ujævnheder betyde dårligere komfort, som også påvirker blinde, stærkt svagsynede og mennesker med nedsat mobilitet med en forringet tilgængelighed til følge. Ved vekslen mellem tø og frost kan der i begrænset omfang være risiko for frysende, glatte overflade med deraf følgende fare for fald.

Anbefalinger

Ved projektering af permeable befæstelser skal belægning og underbygning dimensioneres for den aktuelle trafikbelastning (bærevne) og magasineringsvolumenen skal beregnes. Nedsivnings-hastigheden skal være så stor, at der normalt ikke står større mængder vand på overfladen. Ved længere strækninger af mere åbne, befæstede arealer som eksempelvis græsarmering i parkeringsspor anbefales tværgående passage udført med fastere, lukket overflade for at give bedre komfort og skabe bedre tilgængelighed for krydsende trafikanter.

Permeable befæstelser kan afhængigt af trafikbelastning og materialevalg anvendes ved forskellige hastighedsklasser både i bymæssig sammenhæng og i åbent land.



Eksempel på opbygning med permeable belægningssten. Illustration: Rambøll

Referenceprojekter på permeable belægninger findes på følgende lokaliteter:
2015: Rødovre, boligvej, Rødovre Kommune
2014: Helenevej, boligvej, Frederiksberg Kommune
2014: Agerskovsvej, boligvej. Odense Kommune
2013: Lufthavnsvej, trafikvej, Ålborg Kommune
2012: Voldumvej, trafikvej, Rødovre Kommune

Eksempel på græsarme-ringssten i beton. Foto: Rambøll.

Eksempel på græsarme-ring udført i granitbrosten. Rødovre Landsby. Foto: Rambøll.

Eksempel på permeabel asfalt. Agerskovsvej i Odense, Foto: Odense Kommune

Eksempel på permeable fortovsfliser. Forsøgs-projekt i København. *Ill.: Tredje Natur.*

Riste

Eksempel på vej med rist i siden af kørearealet, Søndergade i Middelfart. Foto: Rambøll

Beskrivelse

Riste kendes fra afløbsbrønde eller er øverste del, typisk toppen på render, linjedræn eller trug og findes i mange størrelser og udførelser, støbejern, galvaniseret stål, rustfrit stål og kompositte materialer. Riste forekommer langs kantsten og på tværs af vejen, midt på vejen samt på fodgængerarealer.

Funktion og anvendelse

Udover i afløbsbrønde ses riste oftest i forbindelse med gennemgående render og har den funktion at filtrere forskellige større urenheder fra, før vandet ledes videre samt sikre adgang i niveau i modsætning til den åbne rende. Riste sammen med tilhørende render ses typisk anvendt langs/på veje, ved parkeringspladser, ved bolig- eller erhvervsområder for at håndtere overflade- og tagvand - primært i bymæssige sammenhæng men benyttes også i forbindelse med dræn i rabatten af motorveje. Systemerne kan afhængigt af størrelse håndtere hverdagsregn fra vejfladen op til en traditionel dimensionsgivende regn eksempelvis 5- eller 10-årsregn. Ved overskridelse af dimensionsgivende regn ved skybrud kan selve vejarealet eller andre tilstødende arealer benyttes til midlertidig opmagasinering af regnvandet.

Erfaringer, fordele og ulemper

Der er gennem en lang årrække gjort en masse erfaringer med forskellige udformninger og typer af riste.

Fordele

Riste kan benyttes, hvor pladsen er begrænset og kan indpasses diskret i gadebilledet og riste skaber i modsætning til render, trug og grøfter ikke opdeling i gaderummet eller forårsager omveje.

Ulemper

Hvis ristene ikke er korrekt dimensioneret i forhold til trafikbelastningen, bliver de beskadigede af tunge køretøjer. Ristene kræver løbende renholdelse for at fungere og er udsatte for saltpåvirkninger. Ved temperaturer omkring frysepunktet, hvor afledning af nedbør er nedsat og ved mangelfuld snerydning, er der risiko for tilisning af ristene med frysende, glatte vejarealer til følge. Blindestokke kan afhængigt af udformningen af ristene sidde fast i rillerne.

Trafiksikkerhedsmæssige problemer

Bilister

For bilisterne udgør riste generelt et mindre sikkerhedsmæssigt problem, men ved riste placeret i vejsiden er der er risiko for, at cyklisterne søger væk fra kantstenen for at undgå at køre på selve risten og dermed kommer tættere på bilisterne med deraf følgende øget risiko for konflikt.

Ved sne, frost og tø kan nedbør fra ristene, som ikke ledes bort, medføre risiko for frysende, glatte vejarealer med deraf følgende fare for udskridning og sammenstød. Samme forhold gør sig gældende for motorcyklister.

Cyklister

Ovenstående forhold gør sig også gældende for cyklister. Ristene skal udformes, så det ikke er ubehageligt eller usikkert af cykle på disse for dermed at undgå, at cyklister trækker ind imod vejmidten. Denne problemstilling er gældende både i tø, regn- og snevejr. Ved riste, der skal håndtere store vandmængder, kan der forekomme store huller eller riller, der kan udgøre et problem for cyklister i forhold at hjulene kan sætte sig fast. Afhængigt af ristens overflade og mønster kan de blive glatte i våd tilstand og ved frost, og dermed udgøre en risiko for udskridning og fald.

Fodgængere

For fodgængere gælder ligeledes at ved frost og tø kan nedbør fra ristene, som ikke ledes bort, medføre risiko for frysende, glatte vejarealer. Afhængigt af ristens overflade og struktur kan de blive glatte i våd tilstand og ved frost og dermed udgøre en risiko for fald. Udover de nævnte forhold er der for blinde, stærkt svagsynede og mennesker med nedsat mobilitet ikke større gener forbundet med anvendelsen af riste.

Anbefalinger

Ved projektering af vej- eller gadeanlæg med riste skal der dimensioneres for den aktuelle trafikbelastning og magasineringsvolumenen skal beregnes, så der normalt ikke står større mængder vand på overfladen. Ristenes udsparinger skal være af en sådan størrelse, at cykelhjul ikke risikerer at sidde fast. Deres overflade skal ligeledes være af en sådan beskaffenhed, så de er så skridsikre som muligt.

Referenceprojekter på riste kan findes på følgende lokaliteter:

2016: Indre bygader i København, Københavns Kommune
2016: Byskellet i Låsby, Silkeborg Kommune
2016: Søndergade, bygade, Middelfart Kommune

Eksempel på skybrudsrist vejside, Indre By i København.
Foto: Rambøll

Eksempel på rist placeret i vejmidte, Låsby ved Silkeborg.

Eksempel på rist i siden af kørearеal, Søndergade i Middelfart. Foto: Rambøll

Eksempel på linjedræn med rist, der fungerer som ledelinje placeret i fodgængerareal, Carlsberg Byen i København.
Foto: Rambøll