

# Sammenfatning af arbejdet med konkrete projekter og god erfa i Spor 3



RÅSTOF-INITIATIVET

# Indhold

<b>Råstof-initiativet kort fortalt</b>	<b>4</b>
<b>Introduktion til Spor 3</b>	<b>6</b>
<b>Præsentation af undersøgelsesmetoden på Spor 3</b>	<b>8</b>
<b>Indsamling af data fra Spor 3 om konkrete projekter</b>	<b>10</b>
<b>Præsentation af resultater fra undersøgelse</b>	<b>14</b>
<b>Perspektivering</b>	<b>18</b>

Af Ulrik Hindsberger, Teknologisk Institut uhi@teknologisk.dk og Kristoffer Sindby, OKNygaard ksi@oknygaard.dk  
Projektgruppen består desuden af Per Malmos, Kim Tang, Jakob Sandell Sørensen, Sielja Dantved, Stine S. Westing, Jeppe Hust, Rolf Johnsen og Kirstine Skov Nielsen.

# Råstof-initiativet kort fortalt

Vi er vant til, at der i Danmark er fri adgang til råstoffer som sand, grus og sten. Vi har dog snart indvundet de mest lettilgængelige råstoffer, og fremtidens generationer vil ikke have samme mulighed for adgang til sand-, grus- og stenforekomsterne. Især grus- og stenfraktionerne vil der først kunne komme mangel på.

Vores forbrug svarer til, at hver indbygger i Danmark bruger ca. 1 kg råstoffer i timen døgnet rundt. Dette tal er et af de højeste i Europa, og vi bliver nødt til at identificere potentialer for at nedbringe råstofforbruget, så det fremover kan blive mere bæredygtigt.

Virkeligheden er også den, at vi ikke kan løse udfordringen alene. Vi bliver nødt til at løse denne udfordring mellem flere forskellige aktører i værdikæden.

Projektets overordnede formål er at arbejde med at minimere råstofforbruget i anlægsarbejder. Fokus er på at få identificeret forbedringsmuligheder for nedbringelse af råstofforbruget - herunder også mulige bæredygtige løsninger og potentielle barrierer.

Partnerskabet Råstof-initiativet blev en realitet på en workshop den 25. maj i 2022, hvor 14 forskellige aktører samledes om at identificere forskellige tiltag, som kan være med til at begrænse den mængde råstoffer, der anvendes i dagens samfund. Der blev identificeret fire forskellige arbejdsspor og nedsat fire projektgrupper, hvor gruppedeltagerne valgte sig ind på den projektgruppe, hvor de bedst kunne bidrage med deres unikke viden og kvalifikationer:

- **Spor 1 – Formidling**
- **Spor 2 - Pilotprojekter og overskudsjord**
- **Spor 3 – Indsamling af erfaringer og data fra konkrete projekter som grundlag for udarbejdelse af retningslinjer og guidelines**
- **Spor 4 - Udarbejdelse af retningslinjer og guidelines**



## Introduktion til Spor 3

I Spor 3 er visionen at ændre mængden af råstoffer, der bruges i landskabsbranchen. Sand, grus og sten bruges hovedsagelig til etablering af bærelag og bundsikringslag under belægninger, trapper mv. Dimensioneringen tager afsæt i vejreglerne, og fokus er på sikkerhed og kørselskomfort. Det er derfor vigtigt at undgå både frosthævninger og sætninger. For både rådgivere og udførende har det været oplagt at følge vejreglerne, da man herved undgår at tage stilling til og ansvar for dimensioneringen.

Ved at følge vejreglerne undgår man at skulle forholde sig til andre løsninger, hvor risikoen for frosthævninger og sætninger samt økonomi skal analyseres. Ofte vil det dog være billigere at udelade bundsikringslaget. Herved sparer man nemlig udgifter til afgravning af jord, bortkørsel og deponi plus indkøb, levering og indbygning af nyt materiale. Denne besparelse overstiger langt eventuelle udgifter til opretning, som måtte være forårsaget af, at bundsikringslaget i første omgang er udeladt.

Med dette in mente, samt med fokus på de knappe råstofressourcer og bæredygtighed, bør bygherrer, rådgivere og udførende overveje, om tidligere praksis med at følge vejreglerne, uden at bringe egen erfaring og viden i spil, fortsat er fornuftigt.

Kravene til sikkerhed og kørselskomfort vægter ikke helt så tungt, når det gælder fx fortove, stier, terrasser og pladser, for her er det måske ikke det store problem, at en belægning en sjælden gang måtte hæve sig en smule i kraftig frost for så at sætte sig efterfølgende.

Det gør sig især gældende, hvis der er sparet rigtig mange penge i anlægsfasen ved mindre udgravning, bortkørsel, deponering samt til indkøb, levering og udlægning af nye materialer. Oftest vil de sparede midler i anlægsfasen rigeligt kunne dække eventuelle ekstra udgifter i driftsfasen til opretning af eventuelle sætninger.

Projektet i Spor 3 undersøger, om man kan ændre retningslinjerne og normerne for belægninger, hvor vejregler ikke spiller ind. Dette undersøges og dokumenteres via konkrete eksempler fra konkrete projekter, hvor der kan opnås råstofbesparelser i anlægsarbejder. Projektet undersøger således, om fremtidens belægninger kan udføres efter mere råstofbesparende metoder, der kan være med til at understøtte ansvar og bæredygtighed.



# Præsentation af undersøgelsesmetoden for Spor 3

I mødet med en travl by med pladser, fortove og indkørsler er det nemt at tage den solide understruktur, som bærer disse belægninger, for givet. Men hvad ligger der under disse overflader? Er det muligt at genbruge eksisterende bundopbygninger, når overfladerne skal udskiftes? Og hvordan er tilstanden af disse underliggende lag?

I denne undersøgelse er fokus på belægninger i trafikklasse T0 og T1, som omfatter pladser, fortove, indkørsler og lignende. Vi har tilstræbt, at undersøgelserne kan udføres med det, der findes på en almindelig anlægsgartnerbil, således at den kan fungere som et anvendeligt udgangspunkt for alle fagfolk inden for området.

Undersøgelsen tager udgangspunkt i at undersøge opbygninger og gode erfaringer, der ikke nødvendigvis følger nutidens normer, men som har den nødvendige bæreevne og har holdt i en lang årrække.

Danske anlægsgartnere har fulgt normerne (NOVA) siden 1962, som er blevet opdateret ni gange med den seneste opdatering i 2023.

Det er interessant at se, hvordan ældre belægningsmetoder har udviklet sig og måske oven i købet opdage nogle velbevarede metoder, der stadig kan være relevante i dag.

Trafikklasserne er defineret ud fra antal lastbiler, da tunge køretøjer er udslagsgivende for dimensioneringen.  $\text{Æ}10$  = trafikbelastning omregnet til 10 tons akseltryk.

**Trafikklasse T2** er til mindre veje og stier og overkørsler, der er udsat for lastvognhjul m.v.

**Trafikklasse T1** er til indkørsler, stier m.v., der sjældent belastes af lastbiler.

**Trafikklasse T0** er til befæstelser, hvor der aldrig kommer lastbiler og kun undtagelsesvis personbiler o.lign. Den er rettet mod terrasser, stier m.v. for let trafik.

# Indsamling af data fra Spor 3 om konkrete projekter

Vi har opdelt undersøgelsen i tre hovedkategorier: Visuel, destruktiv og andet.

Den visuelle undersøgelse omfatter observation af lunger, belægningstype, afvanding, opspring og fald. Gennem denne analyse fås en bedre forståelse af belægningernes overfladetilstand.

Den destruktive delfokuserer på at skille lagdelingerne ad og opdele grus efter materialer og tykkelser. Der undersøges beskaffenheden af disse lag, som giver en dybere indsigt i den underliggende struktur og dens egnethed til genbrug.

Endelig undersøges andre faktorer såsom belægningens alder (fra 5 til 100 år), geografisk placering, K-værdi og den faktiske brug af belægningen. Disse data bidrager til at danne et helhedsbillede af, hvordan belægninger har udviklet sig over tid og under forskellige forhold.

**!** **K-værdi:** I hydrologi udtrykkes jordens permeabilitet ved hjælp af K-værdien (også kendt som permeabilitet eller hydraulisk ledningsevne). K-værdien udtrykkes i meter pr. dag. Jo mere effektivt vand absorberes, jo højere er K-værdien af et materiale.

Undersøgelsen giver en bedre indsigt i genbrug af eksisterende bundopbygninger og bevarelsen af ældre, men stadig relevante belægningsteknikker.


Der er i forbindelse med undersøgelsen på Spor 3 udarbejdet et skema (se modsatte side) til registrering af fire forskellige typer af belægninger i belastningsklasse T0 og T1 (lette belastningsklasser) iht. NOVA 15 (nu NOVA 23). Skemaet er udarbejdet, så de fleste praktikere selv kan gennemføre undersøgelserne med det udstyr, som de har til rådighed på en normal arbejdsdag. I nogle tilfælde vil det være nødvendigt med supplerende og grundigere undersøgelser - for eksempel en geoteknisk undersøgelse eller vurdering fra en ingeniør.

Skemaet indeholder generelle oplysninger om lokalitet, alder, areal, belægningstype, jævnhed, opspring og fald på overfladen. Dernæst følger information om afretningslag, bærelag, bundsikring og råjord. Endelig skal risikoen for tilledning af vand til bundopbygningen vurderes i skemaet.

## Undersøgelse af holdbarhed for belægninger ctr. Bundopbygning:

Angiv type undersøgelse:	Afvigende bund:	Bund NOVA15:	Genbrug af bund:		
Adresse:	Sennepshaven 30				
Anvendelse:	Indkørsel	Terrasse	Gangsti	Fortov	andet
Anlægs år:	Belægning udslettet 2011 på eks. bund ATB				
Ca. areal i m <sup>2</sup>	500 m <sup>2</sup>				
Belægningstype: - Fliser/belægningssten - Størrelse: B x L x T - Materiale	20 x 14 x 7 Beton Sten				
Foto:	Vedlæg 1 eller flere foto, som viser belægningen - nr.?				
<b>Målinger med 3 meter retholt og tommestok</b>					
Jævnhed: <i>Beskriv om der er lunger på mere end 10 mm og angiv gab (mm) og omfang (antal og % af hele belægningen)</i>	OK dog er rulle skiftet sunket/skubbet flere steder				
Opspring: <i>Antal opspring på over 3 mm</i>	0/10 5-10 mm ved rist				
Fald: <i>Angives i promille</i>	20‰				
Bemærkninger: <i>Beskriv evt. skader på belægning + evt. årsag: ensidig brug mv.</i>	Generelt brede fuger op til 15-20 mm Rulle skiftet skubbet ud, Mangle kantsikring				
<b>Registrering af bundopbygning: start med prøvegravning i kant (min. 3 prøver i alt)</b>					
Afretningslag: <i>Forsøg at beskriv kornfordeling (f.eks. 0 - 4 mm) samt oprindelse (bakke- el. somatr.)</i>	Tykkelse i cm: 5 cm Materiale: 0/8 Balke				
Bærelag: <i>Forsøg at beskriv kornfordeling (f.eks. 0 - 32 mm) samt oprindelse. Og om bærelaget fremstår opblødt</i>	Tykkelse i cm: 15 cm Beskrivelse: 0/32 Balke				
Evt. Bundsikring: <i>Forsøg at beskriv kornfordeling (f.eks. 0 - 64 mm) samt oprindelse</i>	Tykkelse i cm: 60 cm Beskrivelse: 0/80				
Råjord: <i>Visuel vurdering - beskriv: Lav rulleprøve for at kunne skønne lerindhold? Angiv evt. jordklasse. Fremstår den fugtig?</i>	Beskrivelse: Fugtig Ler Jord				
<b>Vurdering af risiko for tilledning af vand til bundopbygning?</b>					
Nej					

Dato: 16/3-23

Underskrift: 

**Beskrivelse af fremgangsmåde til undersøgelse af belægninger med en bundopbygning fra afviger fra NOVA 15:**

Målet med undersøgelsen er at dokumentere holdbarheden af belægninger, som er etableret over på en tidligere bundopbygning i forhold til vejregulering NOVA 15, eller hvor generel bundopbygning er genbrugt. Undersøgelsen vil udelukkende omfatte belægninger uden belægning T0 og belægninger med mindre belægning (f.eks. indfælder T1).

I undersøgelsen udvælges af 20-50 ældre belægninger - mindst 5 år gamle og gerne mere end 10 år, da det snarst er mere end 10 år siden med lange og kold vinter.

Vedvarende genbrug af eksisterende bund er det påkrævet, at en ny belægning ligger på en eksisterende bund, må fortælle af have mindst samme holdbarhed som den gamle belægning? Brandforskning viser, da en belægning afslører allerede er skadet. For at afbøde dette vil man i de fleste projekter hvor eksisterende bund er genbrugt dekke den suppleret med 10 cm afretningsgrus) indgå i undersøgelsen.

Ved i undersøgelsen, hvor kerneprøver tages, er det vigtigt at sikre, at der ikke tages prøver, selv om bundopbygningen er lavet af. Vejreguleringerne nævnes. Dette er særlig vigtigt, hvor kerneprøve ikke tillader, at nedrivende vand afløses gennem hele bundopbygningen (vejrskuret støbt grus vil ofte ikke lade nedrivning). Da vand på tidspunktet i afretningslaget med født i kerneprøve til følge. Kerneprøve på op til 15 mm 5 år efter anlæg er ikke derfor ikke udbredt. For at dokumentere, at det forholder sig således, undersøges indkørsler med en bundopbygning, som er lavet efter vejregulering. Disse undersøgelser vil blive brugt som reference for vurdering af om kerneprøve kan betragtes som en mange som følge af en afviger bundopbygning.

Beskrivelse af funktion - hvad har arealet været brugt til siden anlæg. Og belægningstype - fine beskriver af størrelse (ca. 1 cm) belægningstype (type), stæke, brosten, grus? Angiv tykkelse? Foto tages.

**Undersøgelse af belægningens funktioner:**

- Jævnhed (måling med 3 meter **afviger**, max. gab 16 mm) - angiv antal kurver? Og gab i mm?
- Angiv hvis der oppejling (højdeforskel mellem 2 sømmen på mere end 3 mm) - ca. mængde på mere end 3 mm pr. m<sup>2</sup>.
- Måling af fald - angives i promille?
- Evt. beskrivelse af eventuelle skader - skader årsag. F.eks. også, vandig brug? Og om skader er erstatnings eller om flere steder.

**Undersøgelse af bundopbygningen:**

Indledende generel visuel vurdering af om bundopbygningen er egnede til **afviger** pos. Bredning af vand? Har omvendte ansvarets fald mod belægningen?

Hvis muligt start med at grave i kanten på belægningen, da reaktioner ofte vil være lettere her. Da bundopbygningen i kanten ikke altid er repræsentativ, kan det være nødvendigt at lave en supplerende prøve mod på belægningen. Minimum 3 prøver i alt. Ved lokale skader/brud på belægningen bør der laves en supplerende prøve for at sikre, at skader ikke skyldes en afviger bundopbygning.

Måltikker på de forskellige lag

Beskrivelse af lagene ud fra en visuel vurdering:

- Afretningsslag: kerneprøve: 0,8 mm, 0-4 mm, slagt/vasket, vejregulering/afviger, evt. indhold af ler. Evt. foto
- Belægning: visuel vurdering af kerneprøve (f.eks. 0-12 mm, bestanddele: sten, skærme, grus, brosten, lag osv.). Oprensning: grusgrav, oprensning, pænt/brosten osv. Evt. foto hvis der kan konstateres skader laves der supplerende undersøgelser for at afbøde årsag:

- Undersøgelse af belægningens **komposition** ved første gangs af lave en simpel praktisk prøve med håndstamp.
- Nedrivningsprøve over på belægning. Da svagende mulighed for **afviger**, **afviger** gennem belægning kan afløse opbløst af vand i afretningslaget med øget risiko for sætninger til følge. Afbløst ofte via sætningerne placering - skader hvor vand i afretnings lagene omkring kerne, på belægningen ligger på (ved kerne).
- Vurdering om sætningerne er på, bundopbygning er opbløst. Hvis ja, så må kerneprøve ved brug af "håndstampet". Og evt. nedrivningsprøve.
- Undersøgelse af om sætningerne kan skyldes underliggende ledningsgrav m.

Bundopbygning materiale - bundopbygning, tykkelse, skærme osv.

Beskrivelse af visuel vurdering af skader (skader, evt. med afbødning)

D2) TEKSTURKLASSE OG KØREBUNDNUMRE (B2)	
På en belægningstype: 1916	
Belægningstype	Belægningstype
1) Bærelagslag	0-15
2) Forberedelse	15-20
3) Gennemførelse	20-25
4) Gennemførelse	25-30
5) Gennemførelse	30-35
6) Gennemførelse	35-40
7) Gennemførelse	40-45
8) Gennemførelse	45-50
9) Gennemførelse	50-55
10) Gennemførelse	55-60
11) Gennemførelse	60-65
12) Gennemførelse	65-70
13) Gennemførelse	70-75
14) Gennemførelse	75-80
15) Gennemførelse	80-85
16) Gennemførelse	85-90
17) Gennemførelse	90-95
18) Gennemførelse	95-100
19) Gennemførelse	100-105
20) Gennemførelse	105-110
21) Gennemførelse	110-115
22) Gennemførelse	115-120
23) Gennemførelse	120-125
24) Gennemførelse	125-130
25) Gennemførelse	130-135
26) Gennemførelse	135-140
27) Gennemførelse	140-145
28) Gennemførelse	145-150
29) Gennemførelse	150-155
30) Gennemførelse	155-160
31) Gennemførelse	160-165
32) Gennemførelse	165-170
33) Gennemførelse	170-175
34) Gennemførelse	175-180
35) Gennemførelse	180-185
36) Gennemførelse	185-190
37) Gennemførelse	190-195
38) Gennemførelse	195-200
39) Gennemførelse	200-205
40) Gennemførelse	205-210
41) Gennemførelse	210-215
42) Gennemførelse	215-220
43) Gennemførelse	220-225
44) Gennemførelse	225-230
45) Gennemførelse	230-235
46) Gennemførelse	235-240
47) Gennemførelse	240-245
48) Gennemførelse	245-250
49) Gennemførelse	250-255
50) Gennemførelse	255-260
51) Gennemførelse	260-265
52) Gennemførelse	265-270
53) Gennemførelse	270-275
54) Gennemførelse	275-280
55) Gennemførelse	280-285
56) Gennemførelse	285-290
57) Gennemførelse	290-295
58) Gennemførelse	295-300
59) Gennemførelse	300-305
60) Gennemførelse	305-310
61) Gennemførelse	310-315
62) Gennemførelse	315-320
63) Gennemførelse	320-325
64) Gennemførelse	325-330
65) Gennemførelse	330-335
66) Gennemførelse	335-340
67) Gennemførelse	340-345
68) Gennemførelse	345-350
69) Gennemførelse	350-355
70) Gennemførelse	355-360
71) Gennemførelse	360-365
72) Gennemførelse	365-370
73) Gennemførelse	370-375
74) Gennemførelse	375-380
75) Gennemførelse	380-385
76) Gennemførelse	385-390
77) Gennemførelse	390-395
78) Gennemførelse	395-400
79) Gennemførelse	400-405
80) Gennemførelse	405-410
81) Gennemførelse	410-415
82) Gennemførelse	415-420
83) Gennemførelse	420-425
84) Gennemførelse	425-430
85) Gennemførelse	430-435
86) Gennemførelse	435-440
87) Gennemførelse	440-445
88) Gennemførelse	445-450
89) Gennemførelse	450-455
90) Gennemførelse	455-460
91) Gennemførelse	460-465
92) Gennemførelse	465-470
93) Gennemførelse	470-475
94) Gennemførelse	475-480
95) Gennemførelse	480-485
96) Gennemførelse	485-490
97) Gennemførelse	490-495
98) Gennemførelse	495-500
99) Gennemførelse	500-505
100) Gennemførelse	505-510

### Tilbage melding fra kommune og ejendomsselskab

Kommunen og ejendomsselskabet har reageret på forskellige måder i forhold til initiativet: Nogle var straks positive og greb idéen med det samme, mens andre havde brug for yderligere forklaringer for at forstå initiativets formål og værdi. Det blev bemærket, at når informationen blev kommunikeret gennem de passende kanaler, gik processen gnidningsfrit.

Der var en klar tendens til, at jo mere praksisnært forklaringerne var, desto lettere var det for dem at forstå og omfavne initiativet.

Generelt blev der rapporteret om en positiv opbakning fra både kommunen og ejendomsselskabet. Begge parter udtrykte overbevisning om, at dette initiativ faktisk kan have en betydelig positiv indvirkning.

På ovenstående figur ses en beskrivelse af den fremgangsmåde, der er benyttet til undersøgelse af belægninger med en bundopbygning, der afviger fra NOVA 15. Figuren kan findes på <https://www.ru.rm.dk/klima-og-miljo/rastoffer/projekter/rastof-initiativet/>



### Undersøgelser

Der er udført 41 undersøgelser af opbygning og beskaffenhed på indkørsler, brandveje, terrasser, fortove og gangstier. Den samme tilgang er blevet brugt ved alle 41 steder, hvor undersøgelserne blev udført. Disse steder omfatter en blanding af gamle belægninger, nyere belægninger, reoverede belægninger samt en kombination af gamle belæg-

ninger med nyreoverede områder. I dette omfattende udvalg spænder den ældste belægning tilbage til 1898, mens den senest lagte belægning er fra 2020 - den eneste belægning, der er mindre end fem år gammel.

### Tilbage melding fra organisationerne

De personer, der har gennemført undersøgelserne, har givet tilbage melding om, at processen er relativt ukompliceret især efter at have gentaget den nogle gange. Deltagelse i undersøgelserne vakte en følelse af nysgerrighed og engagement i at bidrage til en positiv forandring. Nogle udtrykte dog skepsis om, hvorvidt resultatet ville afvige fra tidligere forsøg. En generel holdning blandt deltagerne er at bruge Råstof-initiativet som et værdifuldt redskab til at påvirke rådgivere og bygherrer. Dette tjener som en måde til at fremme genbrug af eksisterende bundopbygninger eller genindbygge dem, hvilket deltagerne gerne vil fastholde som en vigtig praksis.



Billeder fra den praktiske undersøgelse

# Præsentation af resultater fra undersøgelse

Resultaterne fra alle de gennemførte undersøgelser er samlet i et Excel-ark (se nedenstående billede). Det medfører, at man nemt kan sortere på de enkelte delresultater samt indtaste yderligere resultater på et senere tidspunkt.

1	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	Resultater efter 8														
2	Adressat	Landsdel	Arbejdsnr	Udførelsesår	År	Typen af belægning	Årshold	Gravitet	Størrelse	Årshold	Belægningsbærelag	Belægningsbærelag	Årshold	Stof for vand	Bemærkninger
3	Torshøjvej 30	Sjælland	Gørdal	2011/1978	800 m <sup>2</sup>	Betontast	OK, 100 udleveret	8-10 cm (ved 100)	20 M <sup>2</sup>	8 cm, S/8	15 cm, S/12	30 cm, S/12	0	0	Generelt brude fliser op til 15-20 mm
4	Torshøjvej 40	Sjælland	Brøndby	2009/1978	800 m <sup>2</sup>	Betontast	Kæmpet 15 mm	Ang	20 M <sup>2</sup>	8 cm, S/8	20 cm, S/12	30 cm, S/12	0	0	0
5	Torshøjvej 20	Sjælland	Brøndby	2009/1978	1000 m <sup>2</sup>	Betontast	OK	Ang	20-25 M <sup>2</sup>	7 cm, S/8	30 cm, S/12	30 cm, S/12	0	0	0
6	Norrmøllevej 40	Sjælland	Gørdal	2009/1978	200 m <sup>2</sup>	Betontast	OK	Ang	20 M <sup>2</sup>	15 cm, S/8	15 cm, S/12	30 cm, S/12	0	0	Generelt brude fliser op til 15-20 mm
7	Møllehøjvej 1	Sjælland	Gørdal	1979/1977	800 m <sup>2</sup>	Betontast	Skævt sat	Mange små krak	9-20 M <sup>2</sup>	25 cm, S/12	30 cm, S/12	30 cm, S/12	0	0	Kædet støbet fliser op
8	Engelshøjvej 23	Sjælland	Gørdal	2009/1978	200 m <sup>2</sup>	Betontast	Løb	Ang	20 M <sup>2</sup>	8 cm, S/8	15 cm, S/12	30 cm, S/12	0	0	0
9	Engelshøjvej 33	Sjælland	Brøndby	2009/1978	1000 m <sup>2</sup>	Betontast	Kæmpet 30 mm	8 mm An. Kæmpet	20 M <sup>2</sup>	8 cm, S/8	30 cm, S/12	30 cm, S/12	0	0	0
10	Brøgevej 10	Sjælland	Indersø	2010/1984	700 m <sup>2</sup>	Betontast	1 stjerne tulle, 60 mm	Ang	40 M <sup>2</sup>	7 cm, S/8	30 cm, S/12	30 cm, S/12	0	0	0
11	Brøgevej 2	Sjælland	Agde	1984/1978	400 m <sup>2</sup>	Betontast	OK, samling på 20 mm	Ang	20-40 M <sup>2</sup>	10 cm, S/8	30 cm, S/12	30 cm, S/12	0	0	0
12	Brøgevej 4	Sjælland	Gørdal	1984/1978	400 m <sup>2</sup>	Betontast	OK	Ang	10-20 M <sup>2</sup>	7 cm, S/8	30 cm, S/12	30 cm, S/12	0	0	0
13	Brøgevej 105	Sjælland	Gørdal	2009/1978	100 m <sup>2</sup>	Betontast	OK	Ang	20 M <sup>2</sup>	30 cm, S/8	30 cm, S/12	30 cm, S/12	0	0	0
14	Brøgevej 121	Sjælland	Brøndby	1979/1978	300 m <sup>2</sup>	Betontast	Kæmpet 15-20 mm	Ang	20 M <sup>2</sup>	8 cm, S/8	30 cm, S/12	30 cm, S/12	0	0	0
15	Brøgevej 28	Sjælland	Gørdal	2014/1978	200 m <sup>2</sup>	Betontast	OK	Ang	20 M <sup>2</sup>	8 cm, S/8	30 cm, S/12	30 cm, S/12	0	0	0
16	Brøgevej 31	Sjælland	Gørdal	1979/1978	200 m <sup>2</sup>	Betontast	OK	Ang	20 M <sup>2</sup>	8 cm, S/8	30 cm, S/12	30 cm, S/12	0	0	0
17	Brøgevej 39	Jylland	Terrasse	2014/1978	100 m <sup>2</sup>	Betontast	Måltur 4 mm	F8 over 3 mm	10 M <sup>2</sup>	14 cm, S/8	14 cm, S/12	30 cm, S/12	0	0	0
18	København 30	Jylland	Terrasse	2014/1978	100 m <sup>2</sup>	Betontast	Måltur 3 mm	Ang	10-20 M <sup>2</sup>	13 cm, S/8	13 cm, S/12	30 cm, S/12	0	0	0
19	Brøgevej 38	Jylland	Terrasse	2014/1978	100 m <sup>2</sup>	Betontast	3 mm	Ang	10 M <sup>2</sup>	14 cm, S/8	14 cm, S/12	30 cm, S/12	0	0	0
20	København 8	Jylland	Terrasse	2014/1978	100 m <sup>2</sup>	Betontast	Måltur 3 mm	Ang	10 M <sup>2</sup>	14 cm, S/8	14 cm, S/12	30 cm, S/12	0	0	0
21	Brøgevej 8	Jylland	Terrasse	2014/1978	100 m <sup>2</sup>	Betontast	Måltur 4 mm	F8 over 3 mm	20 M <sup>2</sup>	20 cm, S/8	20 cm, S/12	30 cm, S/12	0	0	0
22	Brøgevej 18	Jylland	Terrasse	1999/1987	100 m <sup>2</sup>	Betontast	2 tulle 10-12 mm	Ang	10 M <sup>2</sup>	10 cm, S/8	10 cm, S/12	30 cm, S/12	0	0	0
23	Brøgevej 25	Jylland	Terrasse	2011/1978	100 m <sup>2</sup>	Betontast	OK	Ang	10-15 M <sup>2</sup>	20 cm, S/8	20 cm, S/12	30 cm, S/12	0	0	0
24	Brøgevej 28	Jylland	Terrasse	2008/1978	100 m <sup>2</sup>	Betontast	Lime 8 mm	Ang	10 M <sup>2</sup>	10 cm, S/8	10 cm, S/12	30 cm, S/12	0	0	0
25	Brøgevej 4	Sjælland	Gørdal	2009/1978	100 m <sup>2</sup>	Betontast	3 mm	Ang	20-25 M <sup>2</sup>	20 cm, S/8	20 cm, S/12	30 cm, S/12	0	0	0
26	Brøgevej 48	Sjælland	Partow	2011/1978	100 m <sup>2</sup>	Betontast	Partow og Østtast	Ang	20 M <sup>2</sup>	10 cm, S/8	10 cm, S/12	30 cm, S/12	0	0	0
27	Brøgevej 50	Sjælland	Partow	2011/1978	100 m <sup>2</sup>	Betontast	Partow og Østtast	Ang	20 M <sup>2</sup>	10 cm, S/8	10 cm, S/12	30 cm, S/12	0	0	0
28	Brøgevej 52	Sjælland	Partow	2011/1978	100 m <sup>2</sup>	Betontast	Partow og Østtast	Ang	20 M <sup>2</sup>	10 cm, S/8	10 cm, S/12	30 cm, S/12	0	0	0
29	Brøgevej 54	Sjælland	Partow	2011/1978	100 m <sup>2</sup>	Betontast	Partow og Østtast	Ang	20 M <sup>2</sup>	10 cm, S/8	10 cm, S/12	30 cm, S/12	0	0	0
30	Brøgevej 56	Sjælland	Partow	2011/1978	100 m <sup>2</sup>	Betontast	Partow og Østtast	Ang	20 M <sup>2</sup>	10 cm, S/8	10 cm, S/12	30 cm, S/12	0	0	0
31	Brøgevej 58	Sjælland	Partow	2011/1978	100 m <sup>2</sup>	Betontast	Partow og Østtast	Ang	20 M <sup>2</sup>	10 cm, S/8	10 cm, S/12	30 cm, S/12	0	0	0
32	Brøgevej 60	Sjælland	Partow	2011/1978	100 m <sup>2</sup>	Betontast	Partow og Østtast	Ang	20 M <sup>2</sup>	10 cm, S/8	10 cm, S/12	30 cm, S/12	0	0	0
33	Brøgevej 62	Sjælland	Partow	2011/1978	100 m <sup>2</sup>	Betontast	Partow og Østtast	Ang	20 M <sup>2</sup>	10 cm, S/8	10 cm, S/12	30 cm, S/12	0	0	0
34	Brøgevej 64	Sjælland	Partow	2011/1978	100 m <sup>2</sup>	Betontast	Partow og Østtast	Ang	20 M <sup>2</sup>	10 cm, S/8	10 cm, S/12	30 cm, S/12	0	0	0
35	Brøgevej 66	Sjælland	Partow	2011/1978	100 m <sup>2</sup>	Betontast	Partow og Østtast	Ang	20 M <sup>2</sup>	10 cm, S/8	10 cm, S/12	30 cm, S/12	0	0	0

**Opsummering af observationer**  
 Baseret på undersøgelserne fremgår det, at der generelt er en positiv vurdering af risikoen for vandindtrængning fra omkringliggende områder til belægningerne. De skader, der er blevet observeret på de analyserede områder, skyldes hovedsageligt trafikbelastning samt tilstedeværelsen af elementer som træer, buske, overgange og nedløbsbrønde. Faldet på belægningerne var typisk inden for intervallet 10-30 promille.

Det er blevet bemærket, at flere af de undersøgte belægninger er blevet anlagt uden tilstrækkelig bundsikring, og der er tilfælde, hvor stabilgrus ikke er blevet brugt som underlag. Interessant nok viser resultaterne en forskel i anvendelsen

af bærelag mellem forskellige landsdele, hvor Sjælland hyppigere anvender bærelag med større tykkelser sammenlignet med Jylland. En klar tendens fremstår også, idet belægningerne synes at være mere gunstig i områder med sandjord og mindre gunstig i områder med fugtig lerjord. Det er værd at bemærke, at de undersøgte befæstelser primært er opført på en undergrund af ler eller ler med indhold af sand.

**Specifikt vedrørende indkørsler og brandveje**  
 Generelt er der en tendens til, at bundsikring sjældent er blevet implementeret på disse områder. Brandveje, der blev anlagt i 2009, er blevet konstrueret med varierende bærelagstykkelser på henholdsvis 20, 24 og 50 centimeter. Disse veje udviser jævnhed på niveauerne 15, 30 og angives som »OK« (godkendt) for henholdsvis 20, 24 og 50 cm bærelag. En ældre vej fra 1975 har et 50 centimeter bærelag og en jævnhed på 15-30 millimeter. Det er almindeligt for mere trafikerede veje at tillade en sporkøring på op til 15 millimeter, hvilket normalt svarer til den tid, som det tager at opbruge vejens forventede levetid (typisk omkring 20 år).

Ved at acceptere en højere sporkøring og omhyggeligt kontrollere vandindholdet under komprimeringen er der mulighed for at reducere behovet for råmaterialer og dermed opnå besparelser i anlægsprocessen.

*Bemærkninger til observationerne om indkørsler og brandveje:* Den sjældne anvendelse af bundsikring er en positiv iagttagelse, da det tyder på, at det ikke altid er påkrævet og dermed bidrager til besparelse af råmaterialer. Det er værd at bemærke, at der i denne undersøgelse ingen indikationer er på, at manglende bundsikring har skabt udfordringer.





### Specifikt vedrørende fortove

Når det kommer til fortovene, er der blevet bemærket en betydelig variation i afretningen, hvilket indikerer en mangfoldighed i niveauforskelle. Ligeledes varierer jævnheden i overfladen markant, hvilket betyder, at der er betydelige forskelle i, hvor glat eller ujævn overfladen er. Ydermere er der observeret en stor variation i opspringene, hvilket henviser til forskellige niveauforskelle mellem fortovene og de tilstødende arealer eller strukturer.



*Bemærkninger til observationerne om fortove:* I forbindelse med områder med meget lav trafikbelastning er der en mulig tendens til at bruge en overskudsmængde af materialer eller materialer af høj kvalitet. Dette åbner for en overvejelse om at reducere opbygningen af belægningerne ved disse områder -

herunder potentialet for at mindske brugen af grus. Det er observeret, at der kan opstå variationer i opbygningen af belægningerne, især når den nye belægning tilpasses ændrede forhold som fx højere kantsten. Dette resulterer i forskellige opbygninger af bundopbygningen for at følge de justerede højdeforhold.

Med hensyn til jævnhed og opspring viser resultaterne ingen tydelig sammenhæng med hverken belægningens alder eller bærelagstykkelse. Dog er der en lille korrelation med tykkelsen af afretningslaget, der stiger med antallet af opspring pr. kvadratmeter. Dette indikerer en tendens til, at der muligvis bruges for tykke afretningslag.

En væsentlig observation er, at genanvendelse af den eksisterende bundopbygning ser ud til at kunne udføres uden at medføre sætninger efter udskiftning af overfladebelægningen. Dette potentielle fund åbner for muligheden for fremtidige råstofbesparelser, hvis denne vellykkede erfaring integreres i praksis.

### Specifikt omkring gangstier

Der er observeret en variabilitet i brugen af bærelag, hvor nogle områder implementerer det, mens andre undlader det. På trods af belægningens alder er der generelt set begrænsede udfordringer med jævnhed og opspring på disse områder. Dette tyder på, at selv ældre belægninger og dem uden bærelag oplever relativt få problemer med opspring og ujævnheder.

*Bemærkninger til observationerne om gangstier:* Der er ingen påviselig forbedring i belægningernes præstation ved brug af bærelag.

I områder med meget lav trafikbelastning er der en mulighed for, at der bruges for meget af materialer af høj kvalitet eller i større mængder end nødvendigt. Dette åbner for overvejsen om at justere mængden af anvendte materialer for at opnå mere passende belægninger i sådanne områder.

### Specifikt omkring terrasser

Den gængse praksis har været at udføre en afretning direkte på råjorden med en tykkelse på cirka 15 centimeter uden yderligere lag under afretningen.

Uanset belægningens alder bemærkes der generelt en tilfredsstillende jævnhed og begrænsede opspring. Dette indikerer, at belægningerne har opretholdt en god overfladekvalitet over tid.

*Bemærkninger til observationerne om terrasser:* Resultaterne fra denne undersøgelse indikerer, at der ikke er en påkrævet nødvendighed for at implementere bærelagsopbygning.

I områder med meget lav trafikbelastning er der mulighed for, at der anvendes en overflod af materialer af høj kvalitet eller i større mængder end nødvendigt. Dette rejser spørgsmålet om at optimere materialeanvendelsen, især med henblik på mere passende løsninger for disse områder.

# Perspektivering

Formålet med projektet har været at undersøge, om fremtidens belægninger kan udføres mere råstofbesparende for at fremme ansvar og bæredygtighed.

Undersøgelserne er sideløbende anvendt i forbindelse med arbejde i branchen vedrørende ændring af retningslinjer og normerne for belægninger. Desuden er undersøgelserne også allerede anvendt til at påvirke de vaner, der er i branchen.

Det er blevet dokumenteret ved hjælp af konkrete eksempler fra konkrete projekter, hvor man kan opnå råstofbesparelser i landskabsarbejdet.

For at omdanne normer til god praksis er der behov for at implementere de muligheder, som normerne giver og omsætte dem til konkrete handlinger i praksis. Dette kan opnås ved at fremme bevidstheden om de eksisterende normer og deres muligheder, så de involverede parter forstår deres betydning. Derudover er det nødvendigt at opbygge kapaciteter og kompetencer hos de forskellige aktører i branchen for at sikre, at normerne bliver korrekt anvendt og fulgt.



Der bør fokuseres på at reducere forbruget af grus til både bærelag og bundsikring i belægninger. Det kan opnås gennem brug af de erfaringer, der er opnået i denne opsamling, og ændring af gamle vaner.

## Anbefalinger for T0- og T1-opbygning baseret på denne undersøgelse

I undersøgelsen er der indsamlet data fra 41 lokaliteter. Undersøgelserne har givet en indikation af, at der er meget at lære i forhold til at minimere råstofforbruget og stadig lave holdbare belægninger.

Der er fortsat brug for fokus og nye læringer. Herunder kan man med fordel undersøge flere belægninger for at opbygge et statistisk mere sikkert grundlag.

Der er desuden et uudnyttet potentiale i at øge genbrug af materialer i langt større omfang end i dag. Det anbefales derfor at implementere metoder til øget genbrug af materialer i belægningsprojekter.

Der bør fokuseres på at reducere forbruget af grus til både bærelag og bundsikring i belægninger. Det kan opnås gennem brug af de erfaringer, der er opnået i denne opsamling, og ændring af gamle vaner.

Udfordringerne med overforbrug kan delvist adresseres gennem uddannelse og oplysning. Et kursus i eller en guideline/anvisning om bæredygtige belægninger kan bidrage til at øge kendskabet til råstofbesparende praksis.

Der bør lægges større vægt på befæstelsesdimensionering i uddannelsesprogrammerne for både landskabsarkitekter, ingeniører, kloakmestre og

anlægsgartnere. Dette vil forberede de kommende fagfolk til at arbejde mere bæredygtigt med belægningsprojekter og give dem kompetencer til konkret at kunne vurdere, hvilken bundopbygning der er tilstrækkelig.

Det er vigtigt at sikre, at relevante input og anbefalinger fra dette projekt bliver indarbejdet i normer og standarder gennem samarbejde med relevante aktører som Danske Anlægsgartnere og uddannelsesinstitutionerne.

Disse anbefalinger bør danne baggrund for inspiration og fremme en mere bæredygtig og ansvarlig tilgang til belægningsprojekter i fremtiden. Ved at implementere de foreslåede tiltag kan projektet bidrage til en mere bæredygtig udvikling inden for denne sektor.

## Spørgsmål og opfølgning

Jesper Laugesen | jlau@teknologisk.dk,  
Ulrik Hindsberger | uhi@teknologisk.dk  
Kristoffer Sindby | ksi@oknygaard.dk



