



15-05-2016

Sagsnr.
2015-0242158

Dokumentnr.
2015-0242158-26

Sagsbehandler
Elise Seck Porning

Forside til Rambølls totaløkonomiske analyse

Teknik- og Miljøforvaltningen har bedt Rambøll Management om at gennemgå udvalgte anlægskrav fra forvaltningens standarder til æstetiske og kvalitetsmæssige dimensioner og gennemføre en totaløkonomisk beregning af skalerede anlægskrav.

Analysens resultater bringes i spil på udvalgte projekter, hvor der gennemføres pilotforsøg. Forvaltningen vurderer, at der særligt er grundlag for at arbejde videre med:

1. Slidlag på cykelstier, hvor det skal afprøves om en differentieret anvendelse af materialer på tungt trafikerede overfor let trafikerede strækninger rummer det estimerede effektiviseringspotentiale.
2. Fortovsfliser, hvor det skal afprøves, om der kan indhentes potentiale ved nye aftaler for indkøb eller ved at ændre typen af fliser anvendt i kommunen.
3. Plantning af Træer, hvor det skal afprøves, om en differentieret brug af plantesystemer til træer kan generere et effektiviseringspotentiale.

I 3. kvartal 2017 er de første efterprøvnings af effektiviserings-potentialer på æstetiske og kvalitetsmæssige dimensioner gennemført og erfaringer herfra vil indgå i en samlet status til TMU i efteråret 2017.

Sekretariat (Byens Fysik)

Islands Brygge 37
Postboks 339
2300 København S

E-mail
AXIH@tmf.kk.dk

EAN nummer
5798009493149



TOTALØKONOMISK ANALYSE FOR TEKNIK- OG MILJØFORVALTNINGEN

KØBENHAVNS KOMMUNE APRIL 2016

AGENDA

1. Introduktion

2. Metode, forudsætninger og begrænsninger
3. Overordnede konklusioner
4. Resultater fra totaløkonomisk analyse
5. Bilag: Mængder og priser i tænkt eksempel

TEKNIK- OG MILJØFORVALTNINGEN ØNSKER EN TOTALØKONOMISK ANALYSE AF UDVALGTE KRAV

- Teknik- og Miljøforvaltningen (TMF) agerer efter en række særlige arbejdsbeskrivelser (SAB) til anlægsprojekterne
- Disse særlige arbejdsbeskrivelser indeholder en række krav, som skal understøtte forvaltningens faglige formål
- I forlængelse af en kapitaliseringsanalyse foretaget i samarbejde mellem Teknik- og Miljøforvaltningen (TMF) og Rambøll Management Consulting (RMC), er RMC blevet bedt om at foretage en totaløkonomisk analyse af udvalgte krav. Kapitaliseringsanalysen viste, at flere krav er fordyrende i anlægsfasen, hvorfor den totaløkonomiske analyse skal vurdere de langsigtede økonomiske konsekvenser ved de enkelte krav. I samarbejde mellem TMF og RMC er følgende krav udvalgt:
 - Semifleksibel belægning på busstoppesteder
 - Specifikt slidlag på cykelsti/gangareal
 - Granitkrav til kantsten
 - Specifik farvekrav til fortovsflise
 - Brug af plastrodceller til træer
 - Vandingssæk til træer

- På denne baggrund ønsker TMF at **få foretaget en totaløkonomisk analyse af kvalitets- og designkravene til anlægsprojekterne**, så man kan vurdere, hvorvidt de udvalgte krav også er fordyrende på lang sigt
- **Formålet er dermed dels at give input til den politiske prioritering af de krav**, som stilles til anlægsprojekterne og dels at sammenligne omkostningerne med alternative referencekrav for at vurdere, hvorvidt der vil kunne opnås totaløkonomiske besparelser for TMF's anlægsprojekter
- Den totaløkonomiske analyse **omfatter vurderinger af både anlægs- og driftsomkostninger på de af kommunen stillede krav** til kvalitet, funktionalitet og design

AGENDA

1. Introduktion

2. Metode, forudsætninger og begrænsninger

3. Overordnede konklusioner

4. Resultater fra totaløkonomisk analyse

5. Bilag: Mængder og priser i tænkt eksempel

TOTALØKONOMISK ANALYSE

TILGANG OG METODE

- I den totaløkonomiske analyse er der foretaget beregninger for specifikke særkrav fra forvaltningen inden for kvalitet og design, samt for referencekravene opstillet i den tidligere kapitaliseringsanalyse. Angående slidlag på busstoppesteder er der tilføjet endnu et referencekrav (SMA 11), da det ved flere af de efterfølgende interviews fremgik, at dette vil være et bedre alternativ til TMF's krav end referencekravet
- Den totaløkonomiske omkostning af de enkelte krav beregnes som **summen af anlægskostningen og nutidsværdien af de fremtidige driftsomkostninger**. Dette udregnes for både TMF's krav såvel som referencekravet, hvorefter de sammenholdes. De fremtidige driftsomkostninger er blevet korrigeret for inflation, der antages at være 2% p.a., og er tilbagediskonteret med en diskonteringsfaktor på 3%
- Medmindre andet er angivet, benyttes priser fra den tidligere kapitaliseringsanalyse, der er baseret på udtræk fra V&S prisbøgerne, Rambølls ekspertvurderinger, priser fra lignende projekter og/eller listepreiser fra leverandører, og er opgjort pr. relevant enhed (fx pr. m²). Prisestimer, som er baseret på tilbud fra lignende projekter kan potentielt give et misvisende billede såfremt leverandøren af tilbudsstrategiske overvejelser har justeret på enhedsprisen. Der er i analysen ikke korrigeret for dette
- Driftsomkostninger og vedligeholdelseshyppighed er baseret på **ekspertvurderinger fra henholdsvis Rambøll, Københavns Kommune, Aarhus Kommune, Odense Kommune, Aalborg Kommune og Colas**
- Det anvendte tænkte anlægsprojekt er identisk med det anvendt i kapitaliseringsanalysen, hvor driftsomkostningerne er beregnet ud fra antal benyttede enheder. For anvendte mængde og priser henvises derfor til første kapitaliseringsanalyse, der også er opstillet i bilag (afsnit 5)
- I den totaløkonomiske analyse præsenteres kravene og den totaløkonomiske effekt enkeltvis for hver af de opstillede krav
- TMF har løbende været involveret i processen og har desuden haft mulighed for at kommentere på analysens resultater

TOTALØKONOMISK ANALYSE

FORUDSÆTNINGER

- Det antages, at materialepriserne og driftsomkostningerne er konstante over tid
 - Det antages, at slidlag udlægges på eksisterende bærelag
 - Driftsomkostningerne er korrigeret for inflation, hvor det antages, at inflationen vokser med 2% p.a.
 - Der anvendes en konstant **diskonteringsrente på 3%** til at beregne nutidsværdien af de fremtidige omkostninger
 - Der er i beregningerne foretaget valg på baggrund af Rambølls vurderinger og tolkninger af de enkelte krav. Det er i analysen synliggjort, hvilke valg der er truffet, så forudsætningerne for beregningerne fremgår klart. Det skal dog bemærkes, at det kan have betydelige konsekvenser på analysens resultater, hvis der justeres på disse valg
 - Beregningerne i eksemplet er baseret på det samme tænkte anlægsprojekt, som var udgangspunktet i første kapitaliseringsanalyse
 - Analysens resultater er **baseret på erfaringstal fra Rambølls eksperter og fagfolk fra Københavns Kommune, Aarhus Kommune, Odense Kommune, Aalborg Kommune og Colas**. De respektive kilder er angivet tydeligt
 - Alle priser er ekskl. moms
 - På faktiske anlægsprojekter kan omkostninger til de udvalgte krav potentielt afvige signifikant fra referenceprojektet
-

TOTALØKONOMISK ANALYSE

BEGRÆNSNINGER



- **Rapporten forholder sig udelukkende til det totaløkonomiske aspekt af de specifikke særkrav.** Der tages således ikke højde for eventuelt afledte samfundsøkonomiske effekter af de enkelte krav, ligesom rapporten heller ikke forholder sig til den oplevede værdi hos brugerne som følge af de stillede krav. Rapporten er således input til en diskussion af anlægsmaterialer, hvor hensynet til støj, CO2, trafikale gener og lignende også har relevans
- Anlægsomkostningerne er defineret ud fra den tidligere kapitaliseringsanalyse og er baseret på konkrete anlægsprojekter, materialepriser, udlægningsomkostninger og erfaringstal. Omkostninger forbundet med trafikregulering er ikke inkluderet i prisen. Det vurderes dog, at disse omkostninger har begrænset effekt på analysens resultater
- De valgte estimater for driftsomkostninger og -hyppighed er vurderet på baggrund af interviews med Rambølls eksperter og andre fagfolk. **Både driftsomkostninger og -hyppighed kan variere mellem forskellige projekter**, hvorfor det valgte estimat kan afvige fra faktiske projekter
- De analyserede krav i analysen tager primært udgangspunkt i TMF's paradigme for særlige arbejdsbeskrivelser. Det er derfor muligt, at nogle krav for specifikke anlægsprojekter i Teknik- og Miljøforvaltningen ikke er afspejlet fuldstændigt i analysens resultater
- Verificeringer af analysens resultater er foretaget i det omfang som den meget korte deadline for projektet har muliggjort. Der må derfor tages forbehold for dette i tolkningen af resultaterne
- Der skal tages forbehold for, at **ændringer i de underliggende antagelser vil påvirke analysens resultat**. Resultatet vil derfor påvirkes, hvis inflationen, diskonteringsrenten, referencekravene eller renoveringsomkostning/-hyppighed ændres

AGENDA

1. Introduktion
2. Metode, forudsætninger og begrænsninger
- 3. Overordnede konklusioner**
4. Resultater fra totaløkonomisk analyse
5. Bilag: Mængder og priser i tænkt eksempel

DET VURDERES, AT DER KAN OPNÅS TOTALØKONOMISKE GEVINSTER VED AT LEMPE FIRE UD AF SEKS KRAV

1 Belægning på busstoppested

- Kravet om semifleksibel belægning (SFB) vurderes at være totaløkonomisk fordelagtigt på meget trafikerede busstoppesteder
- På let trafikerede busstoppesteder vurderes det, at der er gevinst ved brug af SMA 11

2 Slidlag på cykelstier

- På meget trafikerede områder vurderes det, at materialevalget bør afhænge af tidshorisonten
- Brug af PA 8t frem for AB 6t lav modificeret, vurderes at give en totaløkonomisk besparelse på let trafikerede områder

3 Kantstensmateriale

- Der er totaløkonomisk gevinst i TMF's krav om at benytte granit i stedet for beton
- Det er totaløkonomisk fordelagtigt at benytte kløvet granitkantsten frem for faskantsten

4 Fortovsflise

- Det vurderes, at der kan opnås en totaløkonomisk besparelse på 32% ved at lempe kravet om brug af Københavnerflisen med rødtligt tilslag, og i stedet benytte en tilsvarende flise uden rødtligt tilslag

5 Plantning af træer

- Det vurderes, at der ved brug af gartnermacadam frem for plastrodceller opnås en totaløkonomisk gevinst

6 Vanding af træer

- Vandingssække reducerer den nødvendige vandingsfrekvens, hvorfor det vurderes, at der opnås en totaløkonomisk gevinst ved brug heraf

STØRSTE RELATIVE GEVINSTER OPNÅS VED AT LEMPE KRAVENE TIL SLIDLAG, FORTOVSFILISER OG TRÆPLANTNING

Oversigt over totaløkonomisk analyse for udvalgte krav

			Anlægsomkostning år 0, t. kr.	NPV af fremtidige omkostninger fra år 1-40, t. kr.*	Vedligeholdelses- hyppighed, år	Levetid, år	Konklusion
2	Slidlag på cykelstier, meget trafikeret	TMF krav: AB lav modificeret		1.698	7	15	Ved brug af TMF's krav opnås en besparelse
		Ref. krav: PA		1.848	5	10	
	Slidlag på cykelstier, let trafikeret	TMF krav: AB lav modificeret		1.636	9	18	Ved brug af referencekravet opnås en besparelse
		Ref. krav: PA		1.122	9	18	
3	Kantstens- materiale	TMF krav: Granit		867	-	Evig	Ved brug af TMF's krav opnås en besparelse
		Ref. krav: Beton		1.847	-	20	
4	Fortovsflise	TMF krav: Rødt tilslag		708	-	30	Ved brug af referencekravet opnås en besparelse
		Ref. krav: Intet tilslag		481	-	30	
1	Belægning på busstoppe- sted, meget trafikeret	TMF krav: SFB		362	7	20	Ved brug af TMF's krav opnås en besparelse
		Ref. krav: SMA 11		698	4**	-	
		Ref. krav: SMA 6+8		924	-	2	
	Belægning på busstoppe- sted, let trafikeret	TMF krav: SFB		362	7	20	Ved brug af TMF's krav opnås en besparelse
		Ref. krav: SMA 11		318	10**	-	
		Ref. krav: SMA 6+8		383	-	5	
5	Plantning af træer	TMF krav: Plastrodceller		150	-	Evig	Ved brug af referencekravet opnås en besparelse
		Ref. krav: Gartnermacadam		53	-	Evig	
6	Vanding af træer	TMF krav: Vandingssæk		97	-	3	Ved brug af TMF's krav opnås en besparelse
		Ref. krav: Ingen vandingssæk		152	-	3	

RAMBOLL

Noter: * NPV af fremtidige omkostninger kan både indeholde vedligeholdelsesomkostninger og omkostninger til nyanlæggelse. ** 75% af SMA 11 renoveres hvert 4. år, hvorfor der ikke forekommer fuldstændig udskiftning. Levetid for SMA 11 er derfor ikke defineret.

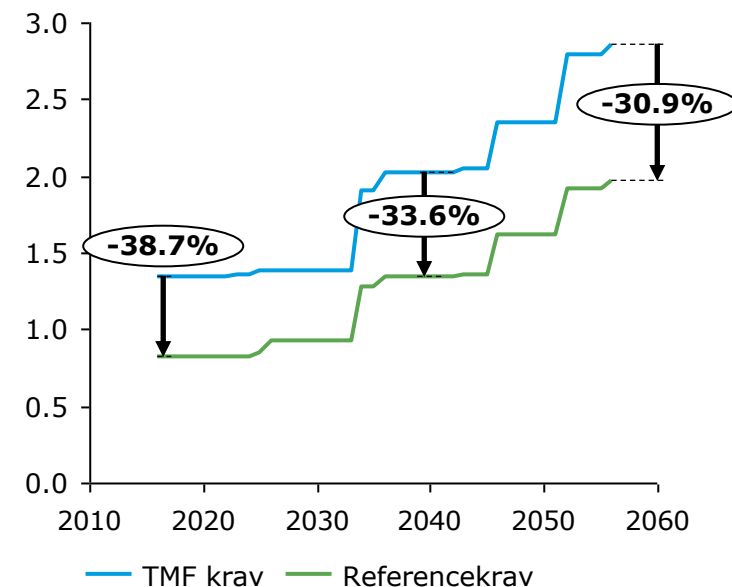
Kilde: RMC analyse

LEMPELSE AF DE FIRE KRAV VURDERES AT MEDFØRE EN TOTALØKONOMISK GEVINST PÅ CA. 30% OVER 40 ÅR

Udvalgte TMF krav med besparingspotentiale*

TMF krav	Break-even	Merudgift ved anlæg	Besparelses-potentiale efter 40 år
① Semifleksibel belægning på let trafikerede busstoppesteder	-	92 t. kr.**	45 t. kr.
② AB lav modificeret slidlag på cykelstier (let trafik)	-	202 t. kr.	514 t. kr.
④ Københavnerfliser	-	130 t. kr.	227 t. kr.
⑤ Plastrodceller til plantning af træer	-	98 t. kr.	98 t. kr.

Akkumuleret nutidsværdi, mio. kr.



I TRE SITUATIONER MEDFØRER TMF'S ANLÆGSKRAV TOTALØKONOMISKE GEVINSTER EFTER 40 ÅR

Udvalgte TMF krav med totaløkonomisk rationale*

Udvalgte KK krav giver i tre situationer totaløkonomisk gevinst på trods af øget anlægsomkostning

TMF Krav	Break-even	Merudgift ved anlæg	Fortjeneste efter 40 år	Akkumuleret nutidsværdi, mio. kr.
① Semifleksibel belægning på meget trafikerede busstoppesteder	8 år 6 år	92 t. kr.** 128 t. kr.***	335 t. kr. 561 t. kr.	-20.6% +103.4% — TMF krav — Referencekrav
③ Granitkrav til kantsten	20 år	128 t. kr.	980 t. kr.	
⑥ Vanding med vandingssæk	1 år	2 t. kr.	55 t. kr.	

- ② AB lav modificeret slidlag på cykelstier (meget trafik) På cykelstier med meget trafik vil konklusionen afhænge af tidshorisonten. Der kan således ikke konkluderes, at den ene type af slidlag anbefales frem for den anden type. For yderligere detaljer, se slide 20.

AGENDA

1. Introduktion
2. Metode, forudsætninger og begrænsninger
3. Overordnede konklusioner

4. Resultater fra totaløkonomisk analyse

4.1 Semifleksibel belægning på busstoppesteder

4.2 AB lav modificeret slidlag på cykelstier

4.3 Granitkrav til kantsten

4.4 Københavnerflisen

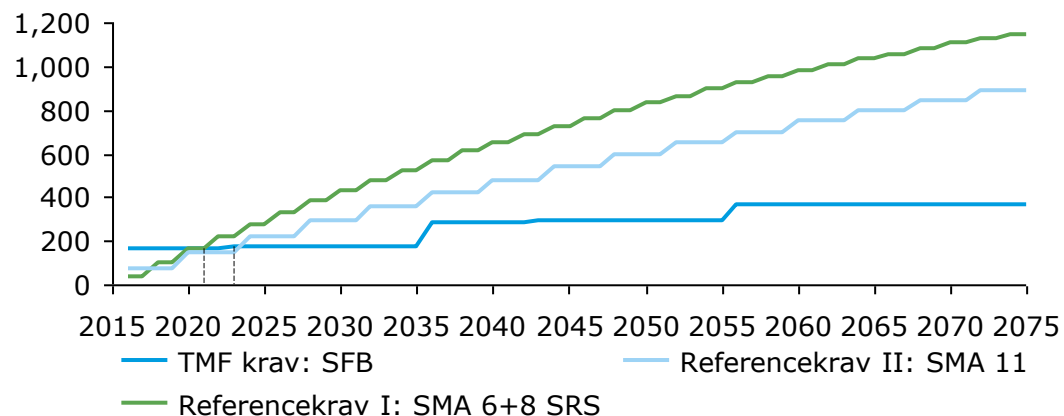
4.5 Plastrodceller til plantning af træer

4.6 Vanding i vandingssæk

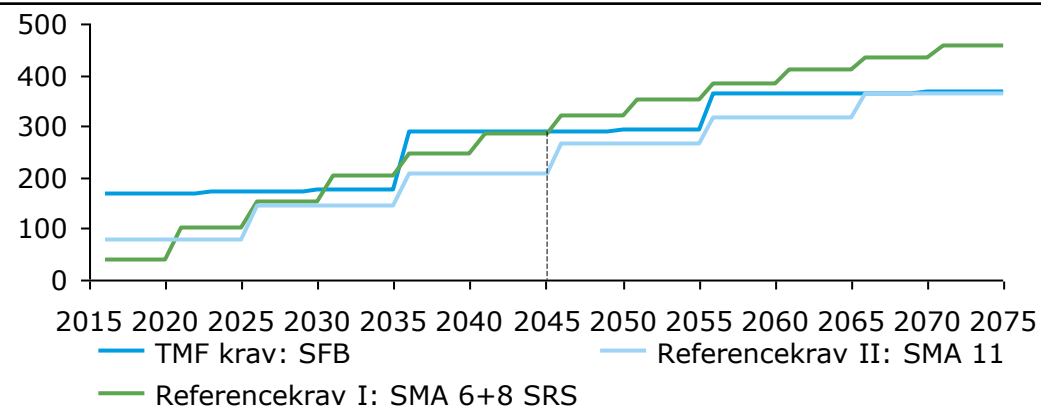
5. Bilag: Mængder og priser i tænkt eksempel

VED SEMIFLEKSIBEL BELÆGNING OPNÅS EN TOTAL-ØKONOMISK GEVINST I MEGET TRAFIKEREDE OMRÅDER

Akkumuleret nutidsværdi, meget trafikeret*, i t. kr.



Akkumuleret nutidsværdi, let trafikeret*, i t. kr.



Kommentarer

Meget trafikeret:

- Ved et meget trafikeret område vil den totaløkonomiske omkostning til SFB overstiges efter 6 år af omkostningerne til anlæg og vedligeholdelse af SMA 6+8
- De totaløkonomiske omkostninger ved meget trafikerede områder til hhv. SMA 11 og SFB opnår break-even efter 8 år i 2024, hvorefter de totaløkonomiske omkostninger ved SFB forbliver lavere end for SMA 11

Let trafikeret:

- Det vurderes, at brug af SMA 11 i stedet for SFB medfører en totaløkonomisk gevinst ved en tidshorisont mindre end 60 år
- På let trafikerede områder er der totaløkonomisk gevinst ved brug af SFB i stedet for SMA 6+8, hvis tidshorisonten er over 30 år

Ved meget trafikerede veje vurderes SFB at være mest relevant. SMA 11 er et relevant alternativ ved let trafikerede veje, hvorimod SMA 6+8 ikke vurderes som et reelt alternativt

ANTAGELSER BASERET PÅ KONKLUSIONER FRA INTERVIEWS VEDRØRENDE SEMIFLEKSIBEL BELÆGNING (1/2)

Produktvalg	Kilde	Argument for valg	Andre kommentarer	Levetid LT*	Levetid MT*	Vedligeholdelses- hyppighed	Vedligeholdelses- omkostning
Semifleksibel belægning	Rambøll interne eksperter	Relativ lang holdbarhed		15-20 år	15-20 år	To gange i løbet af levetid, dvs. hver 7. år skal der fore- tages vedlige- holdelse af revner rundt i kanten. Til renovering benyttes epoxy baseret materiale eller bitumen	Ca. 6-7 kr. pr. m ² .
	Colas	Ved tung trafik er SFB mere holdbart. Over 30 busser i døgnet vil det være en fordel med SFB	SFB er en kombination af asfalt og cement. Det er derfor stivere og stærkere ved trafik med langsommere hastigheder.	20-25 år	-	Ingen vedligeholdelse før udskiftning	-
	KK TMF fageksperter	SFB har større bæreevne ift. asfalt, og derfor kan man formentlig spare på bærelag. SFB er mere sporkøringsresistent, hvilket giver bedre trafiksikkerhed og mindre risiko for vandsprøjt. SFB er olieresistent og arbejder bedre sammen med tilstødende asfalt, hvorved revner undgås	Hvis busstoppestederne ikke er i orden, så nægter busserne at holde ind, hvilket er en stor omkostning for kommunen. Støj ikke er et problem for SFB, men kun for betonbelægning, hvilket der bør tages højde for i endelig vurdering	20-25	20-25	Små revner én gang i levetiden	Minimale

ANTAGELSER BASERET PÅ KONKLUSIONER FRA INTERVIEWS VEDRØRENDE SEMIFLEKSIBEL BELÆGNING (2/2)

Produktvalg	Kilde	Argument for valg	Andre kommentarer	Levetid LT*	Levetid MT*	Vedligeholdelses- hyppighed	Vedligeholdelses- omkostning
Semifleksibel belægning	KK TMF byggeleder	Ved meget trafikerede busstoppesteder benyttes SFB, da det er mere holdbart	SFB benyttes ved meget trafikerede (busmæssigt) veje, ellers undlades det så vidt muligt	-	-	-	-
	Odense	-	Benyttes ikke i Odense. Kan ikke se fordel ved semifleksibel frem for betonbelægning	-	-	-	-
	Aalborg	SFB benyttes ved mere end 10-20 busser i dagtimerne. Deres erfaring er, at SFB er en billigere løsning ift. sparet vedligeholdelse over en 10 årig periode	De benytter det ikke konsekvent, da det er en dyr løsning, med høje opstartsomkostninger til nyanlæg af bærelag	Ca. 10 år	Ca. 10 år	-	-
	Aarhus	-	Anvender ikke SFB, og vurderer ikke, at det giver problemer at undvære	-	-	-	-
	Rambøll vurdering			20 år	20 år	To gange i levetiden. Til renovering benyttes epoxy baseret materiale eller bitumen	6,5 kr. pr. m²

ANTAGELSER BASERET PÅ KONKLUSIONER FRA INTERVIEWS VEDRØRENDE SMA 6+8 SRS OG SMA 11 (1/2)

Produktvalg	Kilde	Argument for valg	Andre kommentarer	Levetid LT*	Levetid MT*	Vedligeholdelses- hyppighed	Vedligeholdelses- omkostning
SMA 6+8 SRS eller SMA 11	Rambøll interne eksperter			SMA 6+8: 5 år SMA 11: 8-10 år	SMA 6+8: 2 år SMA 11: 2-4 år	SMA 6+8 skal udskiftes helt efter levetid 75% af SMA 11 skal vedligeholdes kontinuerligt hver 4. år efter endt levetid	SMA 6+8: Nyt anlæg SMA 11: 150 kr. pr. kvm (75% af overflade). Omkostning på 50kr. pr. kvm. til affræsning af eksi- sterende slidlag lægges oven i renoveringsprisen
	Colas	-	SMA 6+8 vil ikke anbefales. Kun SMA 11 eller 16 bør anvendes som alternativ	15 år	-	Efter 10-12 år	-
	KK TMF fageksperter		Enkelte busstoppesteder er anlagt med asfalt, hvor der kun kører én bus. Der er også forsøgt med højstyrkeasfalt på busstoppesteder, men der er opstået sporkørsel efter relativ kort tid	SMA 6+8: 5 år	SMA 6+8: 2 år	Skal udskiftes helt efter levetid	-

ANTAGELSER BASERET PÅ KONKLUSIONER FRA INTERVIEWS VEDRØRENDE SMA 6+8 SRS OG SMA 11 (2/2)

Produktvalg	Kilde	Argument for valg	Andre kommentarer	Levetid LT*	Levetid MT*	Vedligeholdelses- hyppighed	Vedligeholdelses- omkostning
SMA 6+8 eller 11	Aalborg	-	SMA 6+ belægning, hvis der er lidt mere trafik bruger de SMA 8, men den er lidt mere besværlig at arbejde med	-	-	Efter 5 år	Ca. 10-15% af busstoppestedet bliver repareret
	Aarhus	-	-	-	-	-	-
	Rambøll vurdering (SMA 6+8)	-	-	5 år	2 år	Udskiftes helt efter levetid	-
	Rambøll vurdering (SMA 11)	-	-	10 år	4 år	En gang i løbet af de 15 års levetid efter 7 år	150 kr. pr. Kvm (inkl. affræsning)

AGENDA

1. Introduktion
2. Metode, forudsætninger og begrænsninger
3. Overordnede konklusioner

4. Resultater fra totaløkonomisk analyse

4.1 Semifleksibel belægning på busstoppesteder

4.2 AB lav modificeret slidlag på cykelstier

4.3 Granitkrav til kantsten

4.4 Københavnerflisen

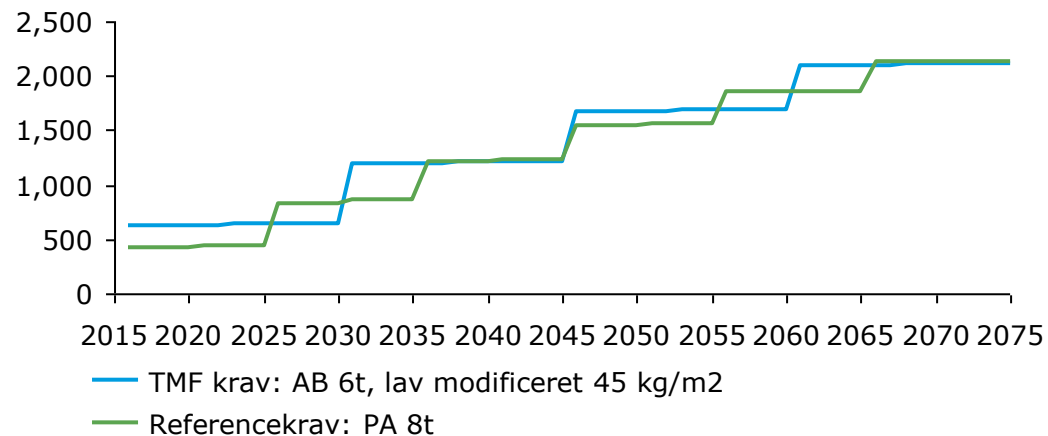
4.5 Plastrodceller til plantning af træer

4.6 Vanding i vandingssæk

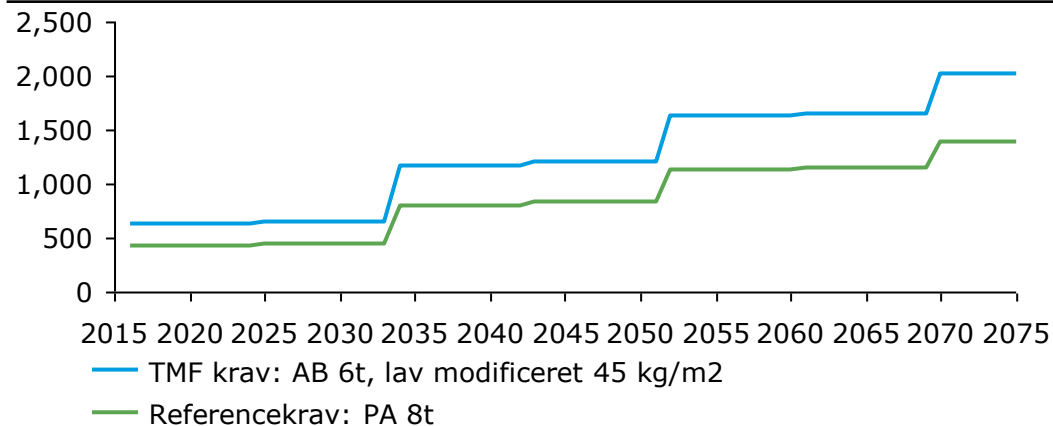
5. Bilag: Mængder og priser i tænkt eksempel

DER KAN OPNÅS TOTALØKONOMISK GEVINST VED AT ANVENDE PA FREM FOR AB PÅ LET TRAFIKEREDE CYKELSTIER

Akkumuleret nutidsværdi, meget trafikeret*, i t. kr.



Akkumuleret nutidsværdi, let trafikeret*, i t.kr.



Kommentarer

Meget trafikeret

- På meget trafikerede cykelstier er levetiden for AB længere end for PA. På trods af dette er der ikke et entydigt totaløkonomisk rationale for at benytte AB 6t. Dette skyldes, at omkostninger til AB 6t og PA 8t er relativt ens for meget trafikerede cykelstier, hvorfor det økonomisk foretrukne valg afhænger af tidshorisonten
- Drift- og vedligeholdelsesomkostningerne for begge asfalttyper er ens, hvorfor det primært er differencen i levetid og anlægsomkostningerne, der udgør forskellen. AB 6t er således til mindst gene for beboerne grundet længere levetid

Let trafikeret

- For let trafikerede cykelstier er der totaløkonomiske gevinster ved brug af referencekravet PA 8t. Dette skyldes, at PA er billigere ved anlæg, og at vedligeholdelseshyppighed samt levetid er ens for PA og AB

ANTAGELSER BASERET PÅ KONKLUSIONER FRA INTERVIEWS VEDRØRENDE AB 6T LAV MODIFICERET SLIDLAG

Produktvalg	Kilde	Argument for valg	Andre kommentarer	Levetid LT*	Levetid MT*	Vedligeholdelses- hyppighed	Vedligeholdelses- omkostning
AB slidlag på cykelsti	Rambøll interne eksperter	AB 6t lav modificeret er bedst ved risiko for lastbil/bilkørsel/ parkering/vinterkøretøjer	AB'en er hårdere og revner kommer derfor hyppigere end ved PA	18 år	15 år	En gang halvvejs i levetid	5-6 kr. pr. m2
	Colas	Ved snerydning og fej- ning, eller ved trafik hen- over cykelstier er AB mere modstandsdygtig end PA		20 år	20 år	En gang halvvejs i levetid	-
	KK TMF fageksperter	AB 6t lav modificeret er mere elastisk, hvilket medfører, at den bedre kan håndtere lastbiler o.a. tungt (med andre ord så er den bedre kvalitet). Bruges for at undgå revnedannelser	På driftsprojekter har de en rammeaftale på AB 6t lav modificeret, der gør den faktisk er billigere end indkøbspriserne på AB og PA. Det kan dog ikke afvises, at der kunne laves en lignende aftale for fx PA	20-25 år	20-25 år		
	KK TMF byggeleder	AB 6t lav modificeret er slidstærk og holder længere	AB 6t lav modificeret er dyrere at anlægge ift. PA'en	-	-	-	-
	Aalborg	Bruger til tider AB 6t lav modificeret, hvis den pågældende situation kræver ekstra bæreevne	Aalborg har stor fokus på komfort. Det er primært opgravning og vinter, der er nedslidningsfaktorer. AB holder typisk bedre end PA ift. trafikken	20-25 år	10 år		
	Rambøll vurdering			18 år	15 år	En gang halvvejs i levetid	5,5 kr. pr. kvm

ANTAGELSER BASERET PÅ KONKLUSIONER FRA INTERVIEWS

VEDRØRENDE PA 8T SLIDLAG (1/2)

Produktvalg	Kilde	Argument for valg	Andre kommentarer	Levetid LT*	Levetid MT*	Vedligeholdelses-hyppighed	Vedligeholdelses-omkostning
PA slidlag på cykelsti	Rambøll interne eksperter	PA anses for det optimale valg ved let trafik (bl.a. ift. levetid)		15-18 år	8-10 år	En gang halvvejs i levetid	5-6 kr. pr. m2
	Colas	Såfremt der ikke forekommer tung vridende trafik, så anbefales PA'en som udgangspunkt	Omkostningen er afhængig af om man lægger et nyt lag ovenpå eller om det fræses af og man lægger nyt	20 år	20 år	En gang halvvejs i levetid	-
	KK TMF fageksperter	-	PA bliver for blød (støtteben skader det). På de meget trafikerede cykelstier finder man sporkøring, hvor PA er anvendt	15-20 år	15-20 år	-	-
	KK TMF byggeleder	PA'en kan kun benyttes i parker eller lignende	Det bliver hurtigere blødt, men er nemmere at lægge ud. PA's levetid er væsentligt kortere end AB'en (kontrast til andre kilder)	-	-	-	-
	Odense	PA består af blødere bitumen, der holder i længere tid. En hårdere bitumen på en let trafikeret vej vil revne hurtigere	Odense benytter PA	15 år	15 år	Mellem år 7 og år 15 er der 2-3 lapninger	180-200 kr. pr. løbende meter inkl. affræsning

ANTAGELSER BASERET PÅ KONKLUSIONER FRA INTERVIEWS

VEDRØRENDE PA 8T SLIDLAG (2/2)

Produktvalg	Kilde	Argument for valg	Andre kommentarer	Levetid LT*	Levetid MT*	Vedligeholdelses-hyppighed	Vedligeholdelses-omkostning
PA slidlag på cykelsti	Aalborg	PA'en har større komfort for cyklister og revner i mindre grad end AB'en				10 år	
	Aarhus	PA'en giver den bedste overflade da den er tæt og blød	Bærelaget er afgørende for holdbarheden				
	Rambøll vurdering			18	10	En gang, halvvejs i levetid)	5,5 kr. pr. m2

AGENDA

1. Introduktion
2. Metode, forudsætninger og begrænsninger
3. Overordnede konklusioner

4. Resultater fra totaløkonomisk analyse

4.1 Semifleksibel belægning på busstoppesteder

4.2 AB lav modificeret slidlag på cykelstier

4.3 Granitkrav til kantsten

4.4 Københavnerflisen

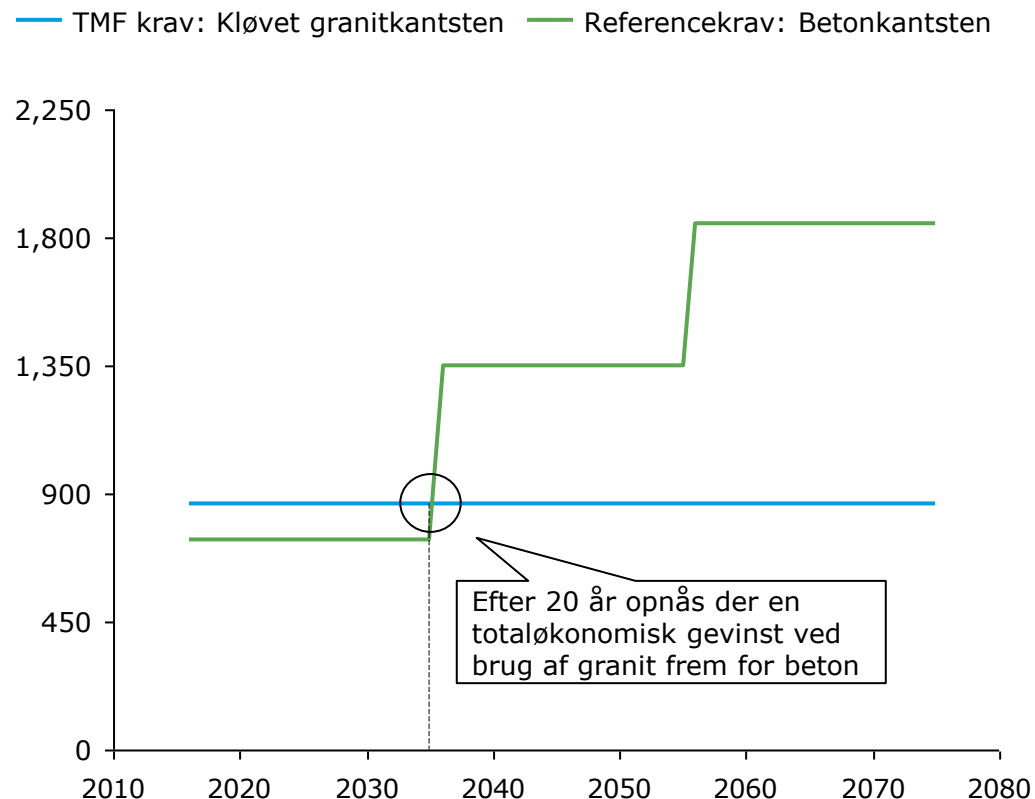
4.5 Plastrodceller til plantning af træer

4.6 Vanding i vandingssæk

5. Bilag: Mængder og priser i tænkt eksempel

DER OPNÅS EN TOTALØKONOMISK GEVINST VED BRUG AF GRANITKANTSTEN EFTER 20 ÅR

Akkumuleret nutidsværdi, i t. kr.



Kommentarer

- De totaløkonomiske omkostninger for kravet til granitkantsten og brug af betonkantsten opnår break-even i 2036, hvorfor granit anses som det bedste alternativ
- Granitkantsten kan principielt holde evigt, hvorimod betonkantsten har en levetid på 20 år. Omkostningen ved betonkantsten overstiger omkostningen forbundet med granitkantsten efter første nyanlæggelse af beton
- Det skal bemærkes, at omkring 86 % af kantsten i København på nuværende tidspunkt er af granit. Materialeovervejselsen er derfor kun relevant ved anlæggelse af en ny vej og ved renovering af de 14% kantstensstrækninger i København, der i dag er af beton
- Granitkantstens eneste omkostning er den initiale omkostning ved anlæg, der i det tænkte eksempel består af 867 t. kr. over 2000 løbende meter

ANTAGELSER BASERET PÅ KONKLUSIONER FRA INTERVIEWS VEDRØRENDE GRANITKANTSTEN

Produktvalg	Kilde	Argument for valg	Andre kommentarer	Levetid	Vedligeholdelses-hyppighed	Vedligeholdelses-omkostning
Granit kantsten	KK TMF - Brolægningsfolk	Levetiden er principielt i al evighed, da granit også genbruges ved omlægning	Levetid for fortov er gns 50. år i KBH, men kantstenen udskiftes ikke altid, og ved granit genbruges. 1400 km kantsten på offentlig vej i KK (1.200 i granit og 200 i beton)	Evigt	Genbruges - ingen reel vedligeholdelse	-
	KK TMF byggeleder	Holder generelt for evigt. Ved omlægning erstattes omkring 1%	Granitkantstenen omlægges i forbindelse med renovering af en vej, og ikke pga. kantstenen selv	Evigt	Ved omlægning udskiftes 1%	1% af anlægskosten
	Odense	-	Kantsten udskiftes ikke	Evigt	-	-
	Aalborg	Granit benyttes i midtby grundet holdbarhed og æstetik. De benytter kun kløvet granit	Aalborg Kommune benytter både beton og granitkantsten, afhængig af hvor i byen det er	100 år +	Genbruges - ingen reel vedligeholdelse	-
	Rambøll vurdering			Evigt	Ingen	-

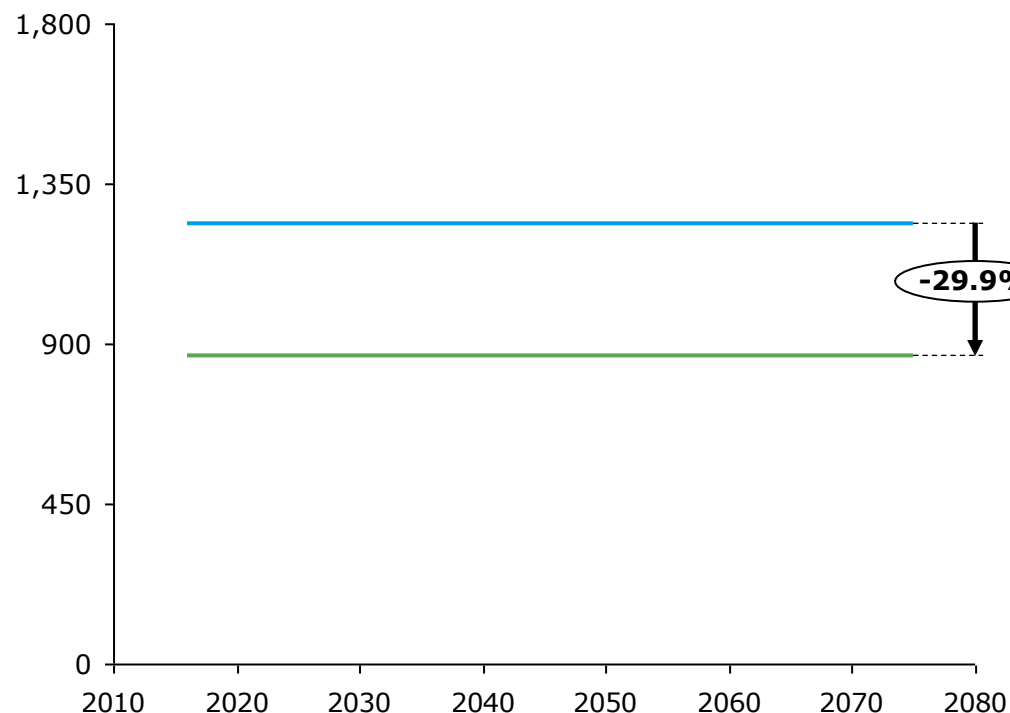
ANTAGELSER BASERET PÅ KONKLUSIONER FRA INTERVIEWS VEDRØRENDE BETONKANTSTEN

Produktvalg	Kilde	Argument for valg	Andre kommentarer	Levetid	Vedligeholdelses-hyppighed	Vedligeholdelses-omkostning
Beton kantsten	KK TMF - Brolægningsfolk		Går ofte i stykker grundet parkering	20-25 år, hvis den ikke bliver påkørt	-	-
	KK TMF byggeleder	Vil aldrig anvende beton	Går ofte i stykker grundet parkering, salt etc.	10-15 år	Udskiftes helt efter levetid	Nyanlæggelse
	Aalborg		Betons holdbarhed svinger afhængig af mængden af saltning, hvilken periode de er fra mm. Kvaliteten varierer på trods af kvalitetskravene til dem. Nogle steder renoveres efter 15-20 år og andre efter 50-60 år.	25-50 år	Udskiftes helt efter levetid	Nyanlæggelse
	Rambøll vurdering			20	Udskiftes helt efter levetid	Nyanlæggelse

BENYTTES KLØVET GRANITKANTSTEN ALLE STEDER I STEDET FOR FASKANTSTEN OPNÅS EN BESPARELSE PÅ 30%

Akkumuleret nutidsværdi, i t. kr.

— TMF alternativ 1: Faskantsten — TMF alternativ 2: kløvet granitkantsten



Kommentarer

- Hvis granit foretrækkes kan der opnås en besparelse på 30% ved at undlade brugen af faskantsten, da anlæggelse af denne type granitkantsten er 43% dyrere end kløvet granitkantsten*
- Da begge typer er af granit vil der ikke være nogen reel vedligeholdelse, hvorfor anlægsprisen er eneste direkte udgift
- Eksemplet er beregnet ud fra et tænkt eksempel med total kantstenslængde på 2000 løbende meter, hvilket medfører en anlægspris for kløvet- og faskantsten på hhv. 867 t. kr og 1.237 t.kr.

Valget mellem kløvet granitkantsten og faskantsten er inkluderet efter flere kilder har nævnt, at faskantsten er markant dyrere og benyttes relativt mange steder. Som grafen ovenfor viser kan der opnås en totaløkonomisk besparelse indenfor kantsten ved at benytte kløvet granit i stedet for faskantsten

AGENDA

1. Introduktion
2. Metode, forudsætninger og begrænsninger
3. Overordnede konklusioner

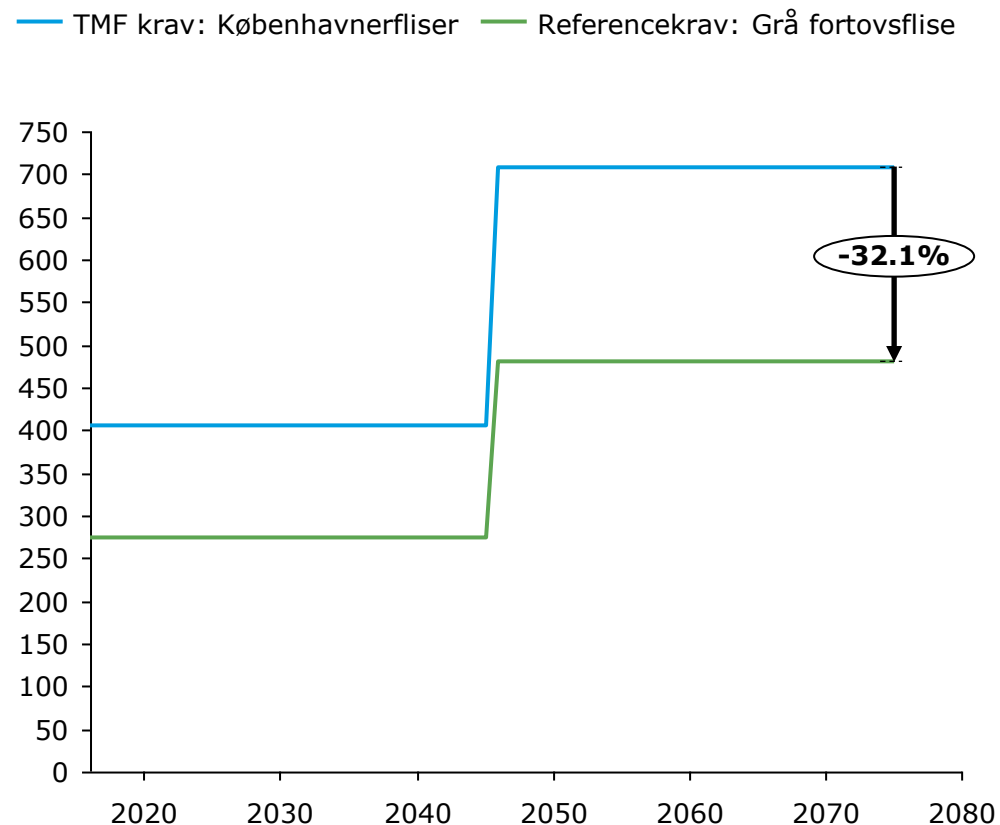
4. Resultater fra totaløkonomisk analyse

- 4.1 Semifleksibel belægning på busstoppesteder
- 4.2 AB lav modificeret slidlag på cykelstier
- 4.3 Granitkrav til kantsten
- 4.4 Københavnerflisen**
- 4.5 Plastrodceller til plantning af træer
- 4.6 Vanding i vandingssæk

5. Bilag: Mængder og priser i tænkt eksempel

DER KAN OPNÅS TOTALØKONOMISK GEVINST VED AT LEMPE KRAVET OM RØDLIGT TILSLAG PÅ FORTOVSFILISER

Akkumuleret nutidsværdi, i t. kr.



Kommentarer

- Der er ikke et totaløkonomisk rationale for at benytte københavnerfliser fremfor regulære grå fortovsfliser af samme kvalitet og dimensioner
- Jf. interview med TMF er den primære drivfaktor bag valget af københavnerflise en æstetisk holdning, da kvaliteten og funktionen af alternativet er identisk
- Materialeomkostningerne er den afgørende faktor, da levetid og driftsomkostninger til udskiftningsarbejde er ens for begge typer
- Med udgangspunkt i det tænkte eksempel, hvor der lægges 2900 m² fortov, er anlægsomkostningerne for hhv. københavnerflise og grå fortovsfliser 405,2 t. kr. og 275,2 t. kr.

ANTAGELSER BASERET PÅ KONKLUSIONER FRA INTERVIEWS VEDRØRENDE KØBENHAVNERFLISEN

Produktvalg	Kilde	Argument for valg	Andre kommentarer	Levetid	Vedligeholdelses-hyppighed	Vedligeholdelses-omkostning
København er flise (m. rødtligt tilslag)	Rambøll interne eksperter			30 år	-	-
	KK TMF fageksperter	Det er et æstetisk valg. Der er ingen kvalitetsforskel eller egenskaber, der gør at København er flisen er bedre end en almindelig flise	Der er monopollignende tilstande for levering af fliser med det specifikke rødtlige tilslag	-	Vedligeholdelse er identisk for begge typer	-
	KK TMF grønne folk	Stemmer overens med bygningernes farve og de rødbrune granitmaterialer, der ligger i byen. Der er et levende spil i flisen - en flise uden tilslag er en død flise	Det er en historisk flise, som har ligget her i mange årtier. Den spiller sammen med byen, bygningerne og de omkringliggende belægninger. Det er en del af København er identiteten	-	-	-
"Normal" flise (u. rødtligt tilslag)	Rambøll interne eksperter			30 år		
	KK TMF fageksperter	Det er billigere	-	-	Vedligeholdelse er identisk for begge typer	-
	Rambøll vurdering (for begge typer)			30 år	Skal udskiftes efter Ny anlæggelse endt levetid	

AGENDA

1. Introduktion
2. Metode, forudsætninger og begrænsninger
3. Overordnede konklusioner

4. Resultater fra totaløkonomisk analyse

- 4.1 Semifleksibel belægning på busstoppesteder
- 4.2 AB lav modificeret slidlag på cykelstier
- 4.3 Granitkrav til kantsten
- 4.4 Københavnerflisen

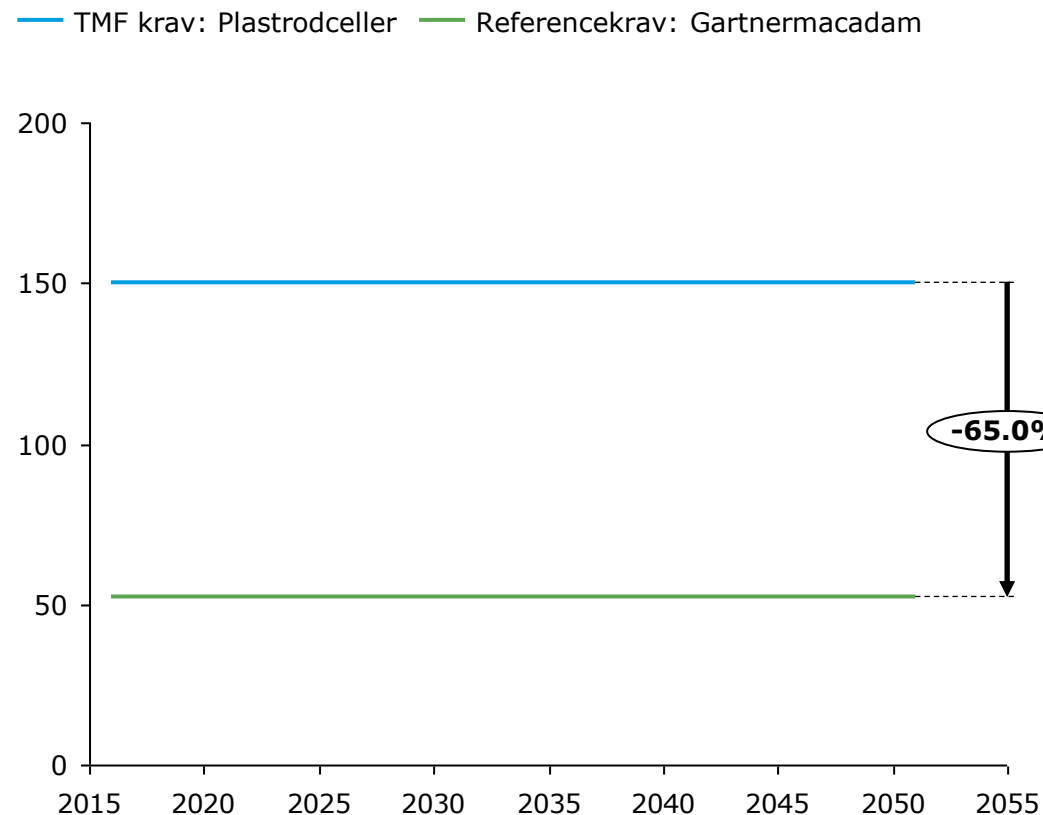
4.5 Plastrodceller til plantning af træer

- 4.6 Vanding i vandingssæk

5. Bilag: Mængder og priser i tænkt eksempel

VED BRUG AF GARTNERMACADAM I STEDET FOR PLASTRODCELLER KAN DER OPNÅS EN BESPARELSE PÅ 65%

Akkumuleret nutidsværdi, i t. kr.



Kommentarer

- Der er totaløkonomisk gevinst ved at benytte gartnermacadam fremfor plastrodceller til plantning af træer, givet de underliggende antagelser
- I det viste eksempel opnås der aldrig break-even, da træernes gennemsnitlige levetid i København (35 år) ikke overstiger den maksimale levetid per træ ved brug af de to metoder
- Anlægsomkostningerne er den eneste faktor, da der ikke er tilknyttet nogen direkte driftsomkostninger til brugen/vedligeholdelse af plastrodceller og gartnermacadam
- Med udgangspunkt i det tænkte eksempel, hvor der anlægges 15 træer er anlægsomkostningerne hhv. 150.000 kr. og 52.500 kr. for plastrodceller og gartnermacadam

ANTAGELSER BASERET PÅ KONKLUSIONER FRA INTERVIEWS

VEDRØRENDE PLASTRODCELLER

Produktvalg	Kilde	Argument for valg	Andre kommentarer	Levetid	Vedligeholdelses-hyppighed	Vedligeholdelses-omkostning
Plastrodceller	KK TMF grønne folk	Ideelt vælges plastrodceller, da det skaber de bedste forhold og vækstvilkår	KK har ikke lang erfaring med plastrodceller, da de ikke har anvendt dem i mere end 5 år	50 år (træets levetid). Men gns. levetid for træ i KBH er 35 år	Ingen vedligeholdelse - af selve plastrodcellen	-
	Slotsgartner, Kulturministeriet	Hvis arealet er det samme, så er det optimale valg plastrodceller, da det indeholder 4 gange så meget jord. Under samme areal, vokser træer i plastrodceller ca. 4 gange så hurtigt grundet jordmængden	Træets størrelse er lineært voksende med mængden af jord. I plastrodceller er det ca. 95% jord vs. 25% i gartnermacadam	Erfaringen med plastrodceller er meget begrænset, hvorfor det er svært at vurdere levetiden på træerne	Ingen vedligeholdelse - af selve plastrodcellen. Ved ideelle mængder af plastrodceller og gartnermacadam er træets vedligeholdelse ens	-
	KK TMF byggeleder	Plastrodceller er bedst under fortov, grundet bedre vilkår for træerne. Plastrodceller er dog mindre stærkt hvorfor de er ringere under asfalt	Plæneklippere og salt er de to primære årsager til, at træer skades	-	Ingen vedligeholdelse - af selve plastrodcellen	-
	Rambøll vurdering			35 år	Ingen vedligeholdelse af selve plastrodcellen	0

* Omkostninger til vedligeholdelse (såsom klipning) er ikke medtaget, da det antages at være ens under optimale brug af hhv. gartnermacadam og plastrodceller

ANTAGELSER BASERET PÅ KONKLUSIONER FRA INTERVIEWS VEDRØRENDE GARTNERMACADAM

Produktvalg	Kilde	Argument for valg	Andre kommentarer	Levetid	Vedligeholdelses-hyppighed*	Vedligeholdelses-omkostning
Gartner-macadam	KK TMF grønne folk	Gartnermacadam er et muligt - alternativ, men er anden prioritet grundet ringere vækstmuligheder og mindre muldjord		33-35 år	-	-
	Slotsgartner, Kulturministeriet	Hvis gartnermacadam dækker et fire gange større areal er dette bedst	-	-	-	-
	KK TMF byggeleder	Bedst under asfalt (under vejen) da det er mere robust	Gartnermacadam kan principielt erstatte plastrodceller overalt, med fare for at forringe vækstvilkårene. Man plejede førhen at benytte gartnermacadam	-	-	-
	Rambøll vurdering			35 år	0	0

* Omkostninger til vedligeholdelse (såsom klipning) er ikke medtaget, da det antages at være ens under optimale brug af hhv. gartnermacadam og plastrodceller

AGENDA

1. Introduktion
2. Metode, forudsætninger og begrænsninger
3. Overordnede konklusioner

4. Resultater fra totaløkonomisk analyse

- 4.1 Semifleksibel belægning på busstoppesteder
- 4.2 AB lav modificeret slidlag på cykelstier
- 4.3 Granitkrav til kantsten
- 4.4 Københavnerflisen
- 4.5 Plastrodceller til plantning af træer

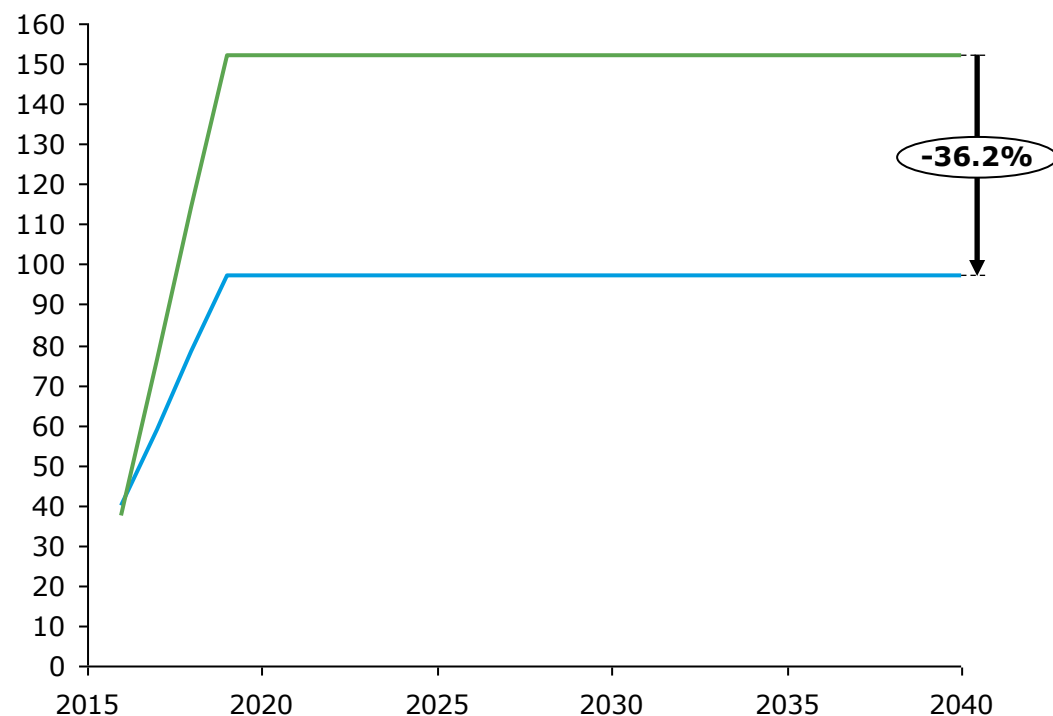
4.6 Vanding i vandingssæk

5. Bilag: Mængder og priser i tænkt eksempel

DEN MINDSKEDE VANDINGSFREKVENNS VED BRUG AF EN VANDINGSSÆK MEDFØRER EN BESPARELSE PÅ 36%

Akkumuleret nutidsværdi, i t. kr., pr. træ

— TMF krav: Vanding i vandingssæk — Referencekrav: Vanding i vandingsrør



Kommentarer

- Grundet lavere driftsomkostninger ved brug af vandingssække kan der opnås en totaløkonomisk gevinst ved at anvende disse frem for at vande i vandingsrør
- Forskellen i driftsomkostninger ved undladelse af vandingssække skyldes, at det nødvendige antal af vandinger stiger til det dobbelte pr. sæson, fra 13 vandinger til 26 vandinger. Træet har ikke behov for at blive vandet yderligere efter de første 3 år
- Årsagen til, at træerne optimalt set skal vandes hyppigere ved undladelse af vandingssæk er, at det ikke er muligt at vande 120 liter på én gang i et vandingsrør
- Vandingssækken koster 148 kr., og driftsomkostningen er omkring 100 kr. per vanding. Yderligere, fungerer vandingssækken som en kontrol, da det er muligt at vurdere om træerne bliver vandet

ANTAGELSER BASERET PÅ KONKLUSIONER FRA INTERVIEWS VEDRØRENDE VANDINGSSÆK

Produktvalg	Kilde	Argument for valg	Andre kommentarer	Levetid	Vedligeholdelses-hyppighed	Vedligeholdelses-omkostning
Vandingssæk (+udluftnings-/vandingssrør)	KK TMF grønne folk	En større andel af vandet går til træets rødder, da der er mindre spild	Vandingssæk koster 148 kr. 100 kr. for vanding pr. træ	Vandingssækken bliver brugt i alle 3 år. Der er intet behov for udskiftning af vandingssæk	13 vandinger pr. træ pr. sæson*	3900,- pr. træ for tre sæsoner
	Slotsgartner, Kulturministeriet	Vandingssække er en reaktion på, at træer ikke kunne gro. I dag danner vandingssække standarden	Vandingssække benyttes også som kontrol, da man kan se når de er tomme, hvorfor man ved hvornår træet har brug for vand. Dræn under træerne er ofte vigtigst - dette er dog ikke et krav fra KK, og gøres ofte ikke, da det er for dyrt for entreprenøren	Vandingssækken bliver brugt i alle 3 år. Der er intet behov for udskiftning af vandingssæk		
	KK TMF byggeleder -		-	-	Vandes typisk hver 14. dag	-
	Rambøll vurdering			3 år brugs/levetid	13 vandinger pr. træ pr. sæson*	3900,- pr. træ for tre sæsoner

ANTAGELSER BASERET PÅ KONKLUSIONER FRA INTERVIEWS VEDRØRENDE UDLUFTNINGS- OG VANDINGSRØR

Produktvalg	Kilde	Argument for valg	Andre kommentarer	Levetid	Vedligeholdelses-hyppighed	Vedligeholdelses-omkostning
Ingen vandingssæk (kun udluftnings /vandingsrør)	KK TMF grønne folk	Træet kan vandes uden en vandingssæk. Vandingssæk er et "add-on" og benyttes til at forbedre vandingen	Estimatet for vandingshyppighed er baseret på TMF eksperts umiddelbare vurdering	-	26 vandinger pr. sæson*	7800,- pr. træ for tre sæsoner
	Slotsgartner, Kulturministeriet	-	Røret alene kan ikke redde træernes liv. Det har to funktioner, og er derfor ikke effektivt. Andelen af hullet i slangen er så småt, at man knap kan benytte det til udluftning, og ved vanding er det heller ikke nok. Endvidere medfører vanding, at udluftningen mindskes	-	-	-
	KK TMF byggeleder	-	-	-	Vandes typisk hver 14. dag	-
	Rambøll vurdering				26 vandinger pr. sæson*	7800,- pr. træ for tre sæsoner

AGENDA

1. Introduktion
2. Metode, forudsætninger og begrænsninger
3. Overordnede konklusioner
4. Resultater fra totaløkonomisk analyse
- 5. Bilag: Mængder og priser i tænkt eksempel**

BILAG: DEN TOTALØKONOMISKE ANALYSE ER BL.A. BASERET PÅ BAGGRUND AF NEDENSTÅENDE MÆNGDER OG PRISER

Projektbeskrivelse af tænkt eksempel

Hovedantagelser

Projektvarighed	4 måneder (120 dage)
Anlægsbudget	30 mio. kr.
Anlægsstørrelse	1 km vej
Kørsel, inkl. bus	Begge retninger
Cykelsti	Begge sider af vejen
Fortov	Begge sider af vejen
Det tænkte eksempel omhandler	Ny asfalt, fortov og udvidelse af cykelsti

Det skal bemærkes, at mængden af enheder ikke påvirker konklusionerne, men blot er benyttet for at tage udgangspunkt i et realistisk eksempel

Anlægsantagelser til udvalgte krav med tilhørende mængde og pris*

Krav nr.	Kategori	TMF Krav	Referencekrav	Antal enheder	Enheds-mål	Pris, TMF krav, kr.	Pris, reference-krav, kr.
Krav 1.a	Semifleksibel belægning	SFB 11, 40 mm, B 40/60	SMA 6+8, SRS, mod. 40/100-75, 55 kg/m2	510	m²	330	80
Krav 1.b	Semifleksibel belægning	SFB 11, 40 mm, B 40/60	SMA 11, mod. 45/80-55, 90 kg/m2	510	m²	330	150
Krav 2	Slidlag cykelsti	AB 6t, lov modificeret 45 kg/m2	PA, 8t, 45+10 kg/m²	5000	m²	125	85
Krav 3.a	Kløvet granitkantsten	Kløvede kantsten af granit eller tilsvarende	Beton kantsten	2000	m	434	370
Krav 3.b	Faskantsten	Faskantsten	Kløvet granitkantsten	2000	m	618	434
Krav 4	Fortovsfliser	"Københavnfliser" 625x800x70mm	Grå fortovsflise fra Farum Beton	2900	m²	140	95
Krav 5	Plastrodceller	Plastrodceller	Gartnermacadam	15	stk	10.000	3.500
Krav 6	Vandingssække	Vandingssæk	Ingen vandingssæk	15	stk	148	-

* Pris for AB 6t lav modificeret er beregnet ved at benytte V&S pris for AB 6t og tillægge 15 kr. 15 kr. tillæg for lav modificeret er baseret på input fra Rambøll ekspert

