

Lysgéner ved vejarbejder om natten

Projektleder: ?

Baggrund/problembeskrivelse

Generelt om lysgéner ved vejarbejder om natten

For at undgå at gribe ind i den kraftige trafik om dagen udføres vejarbejder i stigende omfang i de trafiksvage timer om natten.

Udover den øvrige midlertidige afmærkning benyttes der gule blinksignaler i form af opmærksomhedsblink på vejtavler, løbelys, blink på spærrebomme, blinkende kryds og pile på arbejdskøretøjer samt lysbroer eller roterende blink på køretøjer. På trods af at mange typer af gule blinksignaler har to niveauer i form af natreduktion, er de ofte utilstrækkelige om dagen eller for kraftige om natten

Vejarbejdet kræver i nogle tilfælde etablering af en midlertidig arbejdspladsbelysning ved brug af projektører, som placeres mere eller mindre hensigtsmæssigt i forhold til trafikken og belysningsopgaven, og som ofte er dårligt afskærmende.

I byområder vil der desuden ofte være lysreklamer i vejens omgivelser.

Derved byder vejarbejder om natten på et komplekst billede med en midlertidig afmærkning, gule blinksignaler og projektører, hvor både blinksignaler og projektører kan være blændende. Lysreklamer kan være blændende eller i det mindste distraherende.

Vejbelægninger er ofte våde eller fugtige om natten, især i vinterhalvåret. Det øger vejbelægningernes spejlingsgrad, så blinksignaler, projektører og lysreklamer - og lygter på andre køretøjer - optræder både direkte og indirekte ved spejlinger. Spejlingerne kan skjule afmærkningen på kørebanen, skjule afmærkningens farve, bidrage til blænding, og øge den visuelle kompleksitet.

Projektet angår disse lysgéner for trafikanter, som forårsages af de enkelte elementer - gule blinksignaler, projektører, lysreklamer og spejlinger - og af den samlede kompleksitet. Projektet angår også vejarbejder, direkte gennem kvaliteten af den midlertidige arbejdspladsbelysning og indirekte gennem øget sikkerhed mod påkørsel.

Generelt om gule blinksignaler

Gule blinksignaler er omfattet af EN 12352:2000, der fastlægger nogle klasser ved krav til lysstyrker og de vinkelrum, hvor lysstyrkerne skal findes. Der er tilsyneladende tale om klasser, der passer til et udvalg af produkter på markedet, og ikke klasser, der afspejler behovet for lysstyrker til givne formål.

Behovet for lysstyrker afhænger af den afstand, hvor der ønskes en opmærksomhedseffekt. Det er naturligt at tro at opmærksomhedseffekten afhænger af belysningsstyrken ved betragteren, så lysstyrken må øges med kvadratet på afstanden. Dette er bekræftet ved en demonstration i forbindelse med udarbejdelse af danske vejregler for afmærkning af vejarbejder, der fandt sted for nogle år siden, og er baggrunden for de anbefalinger, der findes i danske vejregler for afmærkning af vejarbejder. Se tabel 1.

Det er en svaghed ved disse regler at de ikke skelner mellem de forskellige anvendelser af gule blinksignaler (opmærksomhedsblink på vejtavler, løbelys, blink på spærrebomme, blinkende kryds og pile på arbejdskøretøjer).

Det er en yderligere svaghed ved reglerne at de ikke inddrager lysforholdene. Det kræver store lysstyrker at opnå en vis opmærksomhedseffekt i dagslys, mens lysstyrkerne kan være langt mindre om natten, og bør også være langt mindre for at undgå blænding. EN 12352:2000 tager heller ikke stilling

til natreduktion af lysstyrkerne

Tabel 1: Klasser for gult blinksignal i danske vejregler for afmærkning af vejarbejder.

hastighed	klasse	krav i reference retning	yderligere krav i vinkelområde			
			vinkelområde		lysstyrke	
			minimum lysstyrke	vandret	lodret	minimum
<40 km/h	L3	2 cd	-10° til 10°	-5° til 5°	1 cd	100 cd
<50 km/h	L6	10 cd	-10° til 10°	-5° til 5°	2,5 cd	100 cd
	L8G	25 cd	-7,5° til 7,5°	-5° til 5°	6,25 cd	100 cd
≤80 km/h	L8L	250 cd	-7,5° til 7,5°	-5° til 5°	62,5 cd	500 cd
>80 km/h	L8H	1500 cd	-7,5° til 7,5°	-5° til 5°	375 cd	5000 cd

I praksis sker der dog en vis hensyntagen til disse forhold. Således er de kraftigste af de gule blinksignaler udstyret med natreduktion, som regel til 50% niveau eller lidt lavere.

På den baggrund, og på baggrund af de typer af gule blinksignaler, der findes og bruges i praksis, er der i Danmark opstillet de krav, som er vist i tabel 2. Tabellen gælder for afmærkning af vejarbejder på motorveje og findes i et hæfte 'Afmærkning af vejarbejder - supplerende bestemmelser på statsveje - motorveje'.

Tabel 2: Krav til lysstyrke for gult blinksignal i danske supplerende bestemmelser for motorveje.

Gult blinksignal anvendt som:	lysstyrke	
	ved dag	ved nat
Opmærksomhedsblink på A39 og andre tavler	250 til 500 cd ¹⁾	100 til 500 cd
Løbelys på begrænsningslinie og lignende	250 til 500 cd ¹⁾	100 til 500 cd
Blink på spærrebomme	250 til 500 cd ¹⁾	100 til 500 cd
Kryds på arbejdskøretøjer med videre	1500 til 5000 cd ²⁾	500 til 1500 cd
Lysbro på køretøjer	klasse B i ECE regulativ nr. 65 ³⁾	
Roterende blink på køretøjer		
¹⁾ klasse L8L i henhold til EN 12352:2000 ²⁾ klasse L8H i henhold til EN 12352:2000 ³⁾ klasse B i ECE regulativ nr. 65 foreskriver forskellige niveauer ved dag og nat		

Tabel 2 er et udtryk for hvad der er praktisk muligt for nuværende. Behovet for regulering er større, når man tager spændet fra kraftigt dagslys til mørkesituationen i betragtning. Konsekvensen er at gule blinksignaler enten virker svage i kraftigt dagslys, eller er blændende i mørke. Reguleringen burde foregå i flere trin over et samlet større spænd, som det kendes fra variable tavler.

EN 12352:2000's krav angår effektive lysstyrker, som afhænger af lysstyrkeforløbet under et blink - især af blinkets varighed, der på den anden side afhænger af lyskildens type.

Nogle foretrækker blinksignaler med halogenlødelerlamper - muligvis fordi blinket har lang varighed og giver god mulighed for visuelt at stedfæste disse blinksignaler. Blinksignaler med xenon udladningslamper har derimod et ultrakort blink, og er nok svære at stedfæste. Fremtiden tilhører fomentligt blinksignaler med LED, hvis blink styres af forkoblingsudstyret og kan være kort eller langt.

Der er ingen reel klarhed over betydningen af blinkets varighed.

Generelt om belysning af arbejdspladser for vejarbejde

Der findes ingen nationale regler for belysning af arbejdspladser for vejarbejde i de nordiske lande. Der er et forslag til en europæisk standard om belysning af udendørs arbejdspladser, prEN12464-2 'Lighting of work places- Part 2: Lighting of outdoor work places', samt et identisk forslag til CIE rekommendationer. Disse forslag synes imidlertid ikke at være relevante, da vejarbejde ikke optræder, og da blændingsbegrænsning af hensyn til trafikanter heller ikke optræder.

De mest relevante belysningstrin er nok 20 - 50 - 100 lx og det vurderes at det nok er det trinnet på 50 lx, der er mest relevant af hensyn til udførelse af vejarbejde.

Blændingsbegrænsning for trafikanter kan vurderes på baggrund af Mørkertrafik rapport nr. 1, 'Blænding från belysningsanläggningar vid sidan av vägan' (1977), som er den første rapport i NMF samarbejdet. Rapporten foreslår at sløringsluminansen fra belysningsanlæg uden for vejen begrænses som vist i tabel 3.

Tabel 3: Anbefaling fra Mørkertrafik rapport nr. 1.

vejens belysning	vejens middelluminans	maksimal blænding (sløringsluminans)
ubelyst vej		0,050 cd/m ²
vejbelysning	0,5 cd/m ²	0,068 cd/m ²
	1,0 cd/m ²	0,140 cd/m ²
	1,5 cd/m ²	0,200 cd/m ²
	2,0 cd/m ²	0,280 cd/m ²

Blændingen måles ved sløringsluminansen, som er luminansen af det slør, som belysningen fra kraftige lyskilder fremkalder i øjet. Sløringsluminansen findes ved:

$$L_v = 10 \times \Sigma E / \theta^2$$

hvor L_v er sløringsluminansen målt i cd/m²
 10 er en faktor, der gælder for en gennemsnitlig ung person
 Σ betyder summation over lyskilder i synsfeltet
 E er belysningsstyrken ved observatøren fra hver lyskilde
 og θ er vinklen mellem syns- og belysningsretningen målt i grader (°)

Disse anbefalinger blev gjort gældende i Danmark i en cirkulæreskrivelse af 12. februar 1981 med den lille ændring at den maksimale blænding angår hver enkelt blændingskilde, som så til gengæld højst må forårsage cirka halvdelen af den blænding, der er anført i tabel 3.

Det er en svaghed ved anbefalingerne at blændingen afhænger af detaljer i den geometriske situation, for eksempel af observatørens synsretning, så det ikke er nemt at beregne sløringsluminansen. Mørkertrafik rapport nr. 1 angiver visse metoder hertil, men på trods heraf bør der indføres forenklinger med henblik på at gøre anbefalingerne mere operationelle.

Hvis man antager at projektørerne til midlertidig belysning befinder sig i en afstand på D m fra synsretningen - enten over eller til siden for synsretningen - findes:

$L_v = 0,003 \times (\Sigma I) / D^2$, hvor I er lysstyrken fra hver lyskilde i retningen mod observatøren

Hvis D er for eksempel 10 m ses at den samlede lysstyrke mod observatøren (ΣI) kan være ganske stor, 1000 til 2000 cd, før der er konflikt med anbefalingerne fra Mørkertrafik rapport nr. 1. Hvis derimod D er kun 5 m, kan den samlede lysstyrke være kun 250 til 500 cd.

Andre betragtninger er at den samlede lysstyrke af lygterne på en modkørende bil er op til 500 cd, og at der tillades sådanne lysstyrker af gule blinksignaler, se tabel 1 og 2.

De ovennævnte betragtninger kan muligvis danne grundlaget for en opstilling af blændingsbegrænsning i form af maksimale lysstyrker fra projektorerne i de relevante retninger. Det er muligt at konsekvensen vil være at uafskærmende projektorer ikke længere vil kunne anvendes.

Generende lys uden for vejen

Generende lys uden for vejen kan forekomme fra reklamer, belysningsanlæg på andre trafikarealer og sportsbelysning med videre. De anbefalinger fra Mørkertrafik rapport nr. 1, der omtales i det foregående afsnit i forbindelse med belysning af arbejdspladser for vejarbejde, sigter egentligt mod generende lys uden for vejen.

Ved indførelse af forenklinger i forbindelse med disse anbefalinger, se det foregående afsnit, bør der sigtes mod at anbefalingerne også kan anvendes i forbindelse med generende lys uden for vejen.

Generelt om spejlinger i våd kørebane

Det er velkendt at spejlinger er kraftigere på våd eller fugtig kørebane, end på tør kørebane. Figur 1 viser et kryds dels i næsten tørt føre og dels i fugtigt føre, hvor spejlingerne er tilstrækkeligt kraftige til at skjule afmærkningen på kørebanen og til at fremkalde blænding.

a: Næsten tørt føre.



b: Fugtigt føre.



Figur 1: Stort kryds i København fotograferet i næsten tørt føre og i fugtigt føre.

Lys & Optik notat 2, 'A model for the specular reflection of road surfaces' (1990) er en rapport for et NMF projekt. Notatet forklarer naturen af spejlinger ved hjælp af 'facetmodellen'; notatet påviser at forskellige vejbelægninger med nogen tilnærmelse kan repræsenteres ved samme relative vinkelfordeling af facetter og at dette gælder for både tør og en fugtig tilstand.

Fordelingen svarer til en flad, men ellers rund sten med blank overflade. Tværsnittet er som en den øverste halvdel af en ellipse, hvis lodrette diameter er 25% af den vandrette diameter, se figur 2.

For den tørre tilstand spejler den blanke sten det indkommende lys med en overfladerefleksion, som svarer til brydningsindekset af stenmaterialer. Brydningsindekset sættes til en typisk værdi på 1,55. Det, som adskiller én vejbelægning fra en anden, er forskellige andele af stenens grundareal a i forhold til vejoverfladens areal A , se figur 3. En stor andel svarer til en kraftigt spejlende vejbelægning.

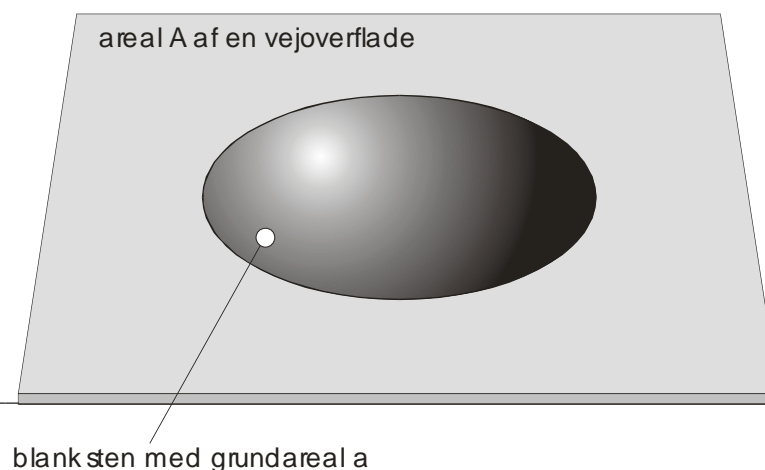
For den våde tilstand øges arealandelen. Det skyldes at vejbelægningens mikrotekstur skjules af en vandfilm, så der opstår flere aktivt spejlende facetter. Samtidigt antages spejlingen at svare til det noget lavere brydningsindeks for vand på 1,335, så den retningsmæssige fordeling af spejlinger ændres noget..

Den retningsmæssige fordeling af spejlingerne er dog primært bestemt af naturen af overfladerefleksion og af rent geometriske forhold. Fordelingen svarer til at hver lyskilde danner langstrakte spejlinger ned mod observatøren, sådan som det kan ses i figur 1b.

Figur 2: Tværsnit af en blank sten.



Figur 3: En blank sten med et grundareal a beliggende i et overfladeareal A



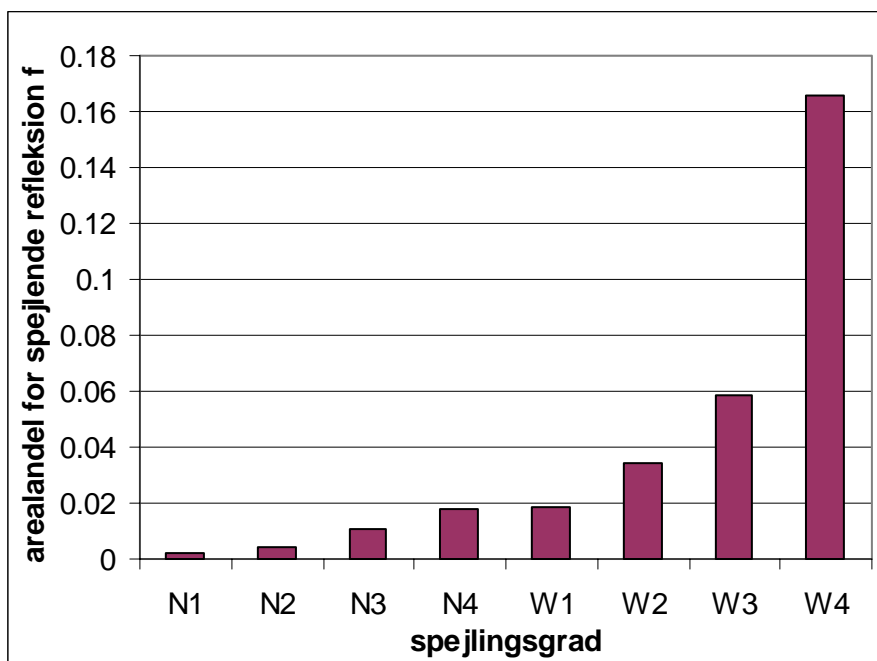
I henhold til det ovenstående kan spejling i en vejbelægning karakteriseres ved spejlingens styrke i én geometri, hvoraf arealandelen a/A kan udledes. Det er muligt at ændre et retroreflektometer, som for eksempel LTL-X, så det kan foretage en måling i en relevant geometri. Herved er det muligt at inddrage spejlingernes styrke og deres effekt på synlighed af kørebaneafmærkning og blanding på kvantitativ vis.

En foreløbig vurdering kan baseres på arealandelene for de standard refleksionstabeller, der benyttes til projektering af vejbelægning. Disse er vist i figur 4 for de refleksionstabeller, der benyttes i Danmark, og som med stigende spejlingsgrad spænder fra tørre til våde vejbelægninger (henholdsvis N og W tabeller).

Vurderinger på baggrund af disse arealandele antyder at våde vejbelægninger kan have kraftigt generende spejlinger.

Spejlingerne kan være kraftige nok til at skjule afmærkningen på kørebanen, eller skjule om der er tale om permanent hvid eller midlertidig gul kørebaneafmærkning (spejling er et overfladefænomen, der har lyskildens farve).

Spejlingerne må desuden forventes at bidrage til kompleksiteten af et i forvejen komplekst billede, og måske endda bidrage til blanding.



Figur 4: Arealandele for standard refleksionstabeller for vejbelægninger.

Projektbeskrivelse

Delprojekt om gule blinksignaler

Delprojektet bør føre til afklaring af følgende spørgsmål:

- hvad der er passende lysstyrker af gule blinksignaler i natsituationen til anvendelser som opmærksomhedsblink på vejtavler, løbelys, blink på spærrebomme, samt blinkende kryds og pile på arbejds køretøjer
- hvor kraftigt lysstyrken af gule blinksignaler bør øges i dagslyssituationen, eventuelt i flere trin i forhold til dagslysniveauet

- c. for hvilke anvendelser lysstyrkerne bør gradueres i forhold til kørehastigheden

Spørgsmål a afklares ved natdemonstration og vurdering af gule blinksignaler af forskellige lysstyrker, og i de forskellige anvendelser. Spørgsmål b afklares ved at gule blinksignaler vurderes i både natsituationen og under forskellige dagslysforhold. Spørgsmål c bør vurderes ud fra praktiske forhold og ellers søges det afklaret ved demonstration og vurdering af gule blinksignaler på forskellige afstande.

Desuden bør det afklares:

- d. om blinkets varighed har betydning for opfattelsen af afmærkning med gule blinksignaler.

Dette spørgsmål kan nok kun afklares ved demonstration og vurdering.

Indledningsvist bør der foretages en undersøgelse af om spørgsmålene er belyst i litteraturen, og delprojektet må planlægges i forhold hertil.

Det kan være hensigtsmæssigt at udforme eller ændre et LED blinksignal, så dets lysstyrke og varigheden af dets blink kan reguleres, og benytte ét eller flere eksemplarer af et sådant blinksignal til de ovennævnte demonstrationer og vurderinger.

Delprojekt om belysning af arbejdspladser for vejarbejde

Delprojektet bør resultere i:

- anbefalinger angående vejarbejderens behov for belysning, omfattende både belysningstyrker og andre kvaliteter ved belysningen - for eksempel lyskildernes farvegengivende egenskaber
- anbefalinger om afskærmning af armaturerne med henblik på blændingsbegrænsning for trafikanterne - eventuelt udtrykt ved maksimale lysstyrker i højtliggende retninger
- en vurdering af den teknik, der anvendes for nuværende, og af konsekvenser ved ovennævnte anbefalinger.

Hvis anbefalingerne resulterer i væsentlige ændringer i forhold til den nuværende teknik, bør der i samarbejde med et belysningsfirma:

- opstilles en demonstrationsbelysning.

Delprojekt om generende lys uden for vejen

Der udføres ikke noget selvstændigt delprojekt om generende lys uden for vejen, men erfaringerne fra især det ovennævnte delprojekt om belysning af arbejdspladser for vejarbejde søges udnyttet til anbefalinger om begrænsning af lysreklamernes lysstyrker og luminanser.

Delprojekt om spejlinger i våd kørebane

Delprojektet bør resultere i:

- en afklaring af hvilke spejlingsgrader, der mødes i praksis hos både tørre og våde vejbelægninger
- en vurdering af génerne ved spejlinger af gule blinksignaler, projektører til belysning og billygter
- eventuelle anbefalinger angående begrænsning af génerne ved spejlinger.

Punkt a medfører målinger med et retroreflektometer, hvor der er tilføjet et lodretstående spejl, som retter observationsretningen imod belysningsretningen. Situationen svarer til at en bilist ser på et punkt på vejbelægningen, der ligger 30 m fremme, og som belyses af en billygte, der findes yderligere 30 m længere fremme. Målingerne foretages på et udvalg af vejbelægninger i både tørt og vådt føre.

Punkt b kan delvist baseres på beregninger af spejlingernes styrke og evne til at skjule kørebaneafmærkningen eller dens farve, og til at fremkalde blænding. Hovedsageligt bør punkt b dog udføres ved demonstration og vurdering.

Hvilke anbefalinger, der kan gives under punkt c, afhænger af resultaterne af punkt a og b.

Organisation

- Arbejdsgruppe:

Projektets sluttidspunkt

Projektet påbegyndes i 2004, og må forventes at strække sig over flere år.

Projekt - Aktiviteter, udførelse og omkostninger

Nedenstående oversigt er foreløbig og bør overvejes i forbindelse med opstart af delprojekterne og med bemanding af disse. Formelt er alle projektdelen sat til udførelse i 2004; hvilket er urealistisk, men afspejler at projektdelene til en vis grad er uafhængige af hinanden.

Aktivitet	Udførelse	Dato	Omkostning
Delprojekt om gule blinksignaler	arbejdsgruppen		
fastlæggelse af passende lysstyrker i natsituationen for opmærksomhedsblink på vejtavler, løbelys, blink på spærrebomme, samt blinkende kryds og pile på arbejdskøretøjer	én eller få personer	2004	kr. 50.000,00
fastlæggelse af lysstyrker i dagslyssituationen, eventuelt i flere trin i forhold til dagslysniveauet	én eller få personer	2004	kr. 50.000,00
graduering af lysstyrkerne i forhold til kørehastigheden (for nogle anvendelser)	én eller få personer	2004	kr. 50.000,00
afklaring af betydningen af blinkets varighed	én eller få personer		kr. 50.000,00
udarbejdelse af delrapport	én eller få personer	2004	kr. 50.000,00
i alt		2004	kr. 250.000,00
Delprojekt om belysning af arbejdspladser for vejarbejde	arbejdsgruppen		
opstilling af anbefalinger angående vejarbejderens behov for belysning	én eller få personer	2004	kr. 25.000,00
opstilling af anbefalinger om afskærmning af armaturerne med henblik på blændingsbegrænsning for trafikanterne	én eller få personer	2004	kr. 25.000,00
vurdering af den teknik der anvendes for nuværende og af konsekvenser ved ovennævnte anbefalinger	én eller få personer	2004	kr. 50.000,00
eventuel opstilling af en demonstrationsbelysning	én eller få personer		kr. 50.000,00
udarbejdelse af delrapport	én eller få personer	2004	kr. 50.000,00
i alt		2004	kr. 200.000,00
Delprojekt om spejlinger i våd kørebane			
afklaring af hvilke spejlingsgrader, der mødes i praksis hos både tørre og våde vejbelægninger	arbejdsgruppen	2004	kr. 75.000,00
vurdering af génerne ved spejlinger af gule blinksignaler, projektører til belysning og billygter	én eller få personer	2004	kr. 75.000,00
eventuelle anbefalinger angående begrænsning af génerne ved spejlinger	én eller få personer	2004	kr. 50.000,00
udarbejdelse af delrapport	én eller få personer	2004	kr. 50.000,00
i alt		2004	kr. 250.000,00
Projektet i alt		2004	kr. 700.000,00

Forventet resultat

Projektet giver et grundlag for forbedring af forholdene ved vejarbejder, især ved vejarbejder om natten på de større veje ved:

- en opstilling af krav til gule blinksignalers lysstyrke, deres regulering og anvendelse
- en opstilling af krav til belysning af arbejdspladser ved vejarbejder med hensyn til vejarbejderens behov og til afskærmning mod blænding af trafikanter
- anbefalinger angående spejling i våde kørebaner.

Projektets værdi for vejmyndighed og trafikant

Vejmyndigheden får et grundlag for forbedring af vejregler om afmærkning af vejarbejdert, for indførelse af vejregler for belysning af arbejdspladser ved vejarbejder og for at tage hensyn til spejlinger i våde kørebaner. Herved kan forholdene forbedres for både vejarbejdere og trafikanter og trafiksikkerheden kan øges.

Projektmøder

Der holdes arbejdsgruppemøder med henblik på vurdering af forslag til delprojekterne.

Opfølgning

Prognose år 2004

Prognosen skal afspejle beregnede omkostninger for allerede udført arbejde pr. halvår og opgøres ved opfølgingsmøder efter behov. Beslutninger om eventuel justering af totale omkostninger for projektet sker ved årsskifte.