

Daniil Petrov, Vladyslav Pankov

Hvor bærekraftig er fotoluminescerende maling ved bruk på veg for markering og belysning?

Bacheloroppgave i ingeniørfag - bygg

Veileder: Ole Kristian Haug

Medveileder: Bjørn Ivar Skaar

Mai 2021

Daniil Petrov, Vladyslav Pankov

Hvor bærekraftig er fotoluminescerende maling ved bruk på veg for markering og belysning?

Bacheloroppgave i ingeniørfag - bygg
Veileder: Ole Kristian Haug
Medveileder: Bjørn Ivar Skaar
Mai 2021

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Fakultet for ingeniørvitenskap
Institutt for vareproduksjon og byggteknikk



Kunnskap for en bedre verden

Forord

Denne oppgaven er utarbeidet våren 2021 av to studenter ved NTNU i Gjøvik. Oppgaven er en del av bachelorstudieprogrammet for Bygg ingeniører og er siste oppgave man må gjennomføre for å fullføre bachelorgrad.

Ideen for oppgaven oppstod fra samtale mellom studentene som nå jobber med oppgaven. Den opprinnelige ideen for oppgaven var etablert rundt våren 2020. Videre så var ideen introdusert til nåværende intern veileder Ole Kristian Haug som viste interesse i oppgaven. Interessen og engasjement han viste for dette prosjektet spilte en stor rolle i valget av oppgave/problemstilling. Videre har han hjulpet oss mye både med selve oppgaveskriving og organisasjon av den praktiske delen av oppgaven. Tusen takk for en god veiledning og engasjement med vår oppgave.

Vi vil også gi en stor takk til Bjørn Ivar Skaar som har valgt til å være vår eksterne veileder hos Statens vegvesen. Hans bidrag med organisasjon av målinger, informasjons henting samt med interesse han viste bidro mye til oppgaven. Vi vil også takke eieren av Bjørnsgård Skole, Lars Hagbarth Foss som ga oss mulighet til å gjennomføre den praktiske delen av oppgaven og Jan Rune Vilhelmsen, som har tatt målingene på selve oppmerkingen. Til slutt vil vi takke en kontaktperson fra «Zebra» (vegoppmerkings bedrift) som ønsker å være anonymt.

Deres innspill, erfaring og engasjement i oppgaven er noe som har gjort oppgaven mulig.

Sammendrag

Fotoluminescerende materialer i seg selv er ikke noe nytt. Imidlertid, antall av vitenskapelige og ingeniør fagområder der slike materialer kan benyttes er fortsatt relativt liten. For det meste bruker man fotoluminescerende materialer, nemlig maling og teip for å lage nødutgangs skilter, brannalarm skilter, evakuerings planer osv. som vil lyse i mørket uten strøm. Men de potensielle bruksområder av fotoluminescerende materialer strekker langt utenfor rollene som ble nevnt ovenfor.

Denne bacheloroppgaven vil dekke fotoluminescerende vegoppmerking. Litt mer konkret vil den undersøke og analysere: om materialet samsvarer de Europeiske standarder, kostnads effektivitet, holdbarhet og generelle refleksivitet og «lyser-i-mørket» av malingen. Samtidig vil oppgave vurdere potensielle bruksområder der malingen kan brukes med relativ effektivitet.

Sluttproduktet av denne oppgaven er både ferdigskrevet bachelor oppgave og parkeringsplass, som var lagt med fotoluminescerende veg maling, sammen med målingene som er tatt i samsvar med Europeiske standarder.

Abstract

Photoluminescent based materials are by no means a novelty. However, the amount of scientific and engineering fields in which the properties of such materials are employed is still relatively small. The photoluminescent based materials, most commonly paint and tape are often used for or are a part of things such as emergency exits signs, fire alarms signs, evacuation, etc. that would light up in the dark without electricity. However, the potential applications of photoluminescent based materials extend beyond roles listed above.

This bachelor thesis will cover the subject of photoluminescent road paint. Particularly it will focus on researching and analyzing: whenever or not it is up to European standards, cost efficiency, durability withing selected timeframe, and overall performance of “glow-in-the-dark” properties of the paint. At the same time, this thesis will suggest several scenarios in which properties of photoluminescent road paint can be applied with relative success.

The final product of this task is both this thesis and a parking spot that has been made with photoluminescent road paint, along with measurements of said parking spot taken in accordance with European standards.

Innholdsfortegnelse

Forord	i
Sammendrag.....	ii
Abstract.....	iii
Innholdsfortegnelse	iv
Tabelliste.....	vii
Terminologi.....	viii
1 Innledning	1
2 Problemstilling	3
2.1 Målet med oppgaven	3
2.2 FNs bærekraftsmål	3
3 Arbeidsmetode.....	5
3.1 Avgrensinger.....	5
4 Teori.....	7
4.1 Fotoluminescerende materialer	7
4.2 Vegoppmerking.....	8
4.3 Vegoppmerkingsmaterialer.....	10
4.3.1 Termoplast	10
4.3.2 Vannbasert maling.....	12
4.4 Profilert vegoppmerking.....	14
4.5 Funksjonskravet til vegoppmerking	15
4.6 Synbarhet i daglys og mørket	15
4.7 Friksjon.....	17
4.8 Drop-on-materialer.....	18
4.9 Krav til utførelse og form	19
4.9.1 Toleransekrav.....	19
4.10 Kvalitetskontroll	20
4.11 Material krav	21
4.12 Miljø- og helsekrav.....	22
5 Metode	23
5.1 Valg av område	23

5.2	Gjennomføring.....	24
5.3	Valg av maling.....	26
5.4	Værforhold ved maling.....	27
5.5	Mulige feilkilder.....	28
6	Resultater.....	30
6.1	Værforhold ved målinger.....	30
6.2	Lysstyrke i mørket.....	30
6.3	Instrumenter	31
6.4	Mottatte verdier.....	33
6.5	Mellomliggende data.....	34
6.6	Friksjon etter målinger.....	35
6.7	Holdbarhet	36
7	Diskusjon.....	38
7.1	Materials egenskaper	38
7.2	Kostnader	39
7.3	HMS	42
7.4	Anbefalte bruksområder	43
8	Konklusjon	44
	Litteraturliste.....	46
	Vedlegg.....	48
	Veglegg 1. Standardavtale	48
	Veglegg 2. Målinger tatt av SVV.....	56
	Veglegg 3. Fotoluminescerende maling produkt informasjon.....	59

Figurliste

Figur 1. Linjetyper som kan produseres med ekstruderingssko og tilhørende styringsboks, hentet fra Lærebok vegoppmerking Nr. 452.....	8
Figur 2. Eksempel på vegkryss og utkjøring til hovedvegen, hentet fra Handbok N302.....	9
Figur 3. Eksempler på profilert vegoppmerking mønster, hentet fra HB N302.	14
Figur 4. Illustrasjon av drop-on og premix glassperler, hentet fra Sørensen, K. (2011).	18
Figur 5. Satellitt bilde av området benyttet for oppmerking, hentet fra Google Maps.	23
Figur 6. Tilberedt sted på territoriet til Bjørnsgård skole. Bildet tatt av Vladyslav Pankov. ...	24
Figur 7. Ferdig malingsjobb. Bildet tatt av Vladyslav Pankov.	25
Figur 8. AA-6585-LMWG-QT. Bildet hentet fra Allureglows USA nettside.	26
Figur 9. Værforhold 03.04.2021. Bildet hentet fra yr.no.....	28
Figur 10. Etterligning av en våt markering. Bildet tatt av Jan Rune Vilhelmsen.	30
Figur 11. Lysstyrke i mørket. Bildet tatt av Vladyslav Pankov.	31
Figur 12. Coralba PFT. Bildet hentet fra Wälivaara (2007).	32
Figur 13. LTL 1000. Bildet tatt av Airport Suppliers.....	32
Figur 14. Måleområdene (grønne linjer) for friksjon.	35
Figur 15. Merkings tilstand etter 1 måned. Bildet tatt av Vladyslav Pankov.	36
Figur 16. Merking etter at kjøretøyet har kjørt 150 ganger. Bildet tatt av Vladyslav Pankov .	37

Tabelliste

Tabell 1. Fordeling av ulike materialtyper i Norge, 2019	13
Tabell 2. Minimumskrav til retrorefleksjonskoeffisient i ny tilstand.....	16
Tabell 3. Minimumskrav til retrorefleksjonskoeffisient i garantitiden	16
Tabell 4. Krav til Retrorefleksjonskoeffisient i våt tilstand.....	16
Tabell 5. Krav til Luminanskoeffisient.....	16
Tabell 6. Krav til fargekoordinater i daglys.....	17
Tabell 7. Krav til fargekoordinater i mørke	17
Tabell 8. Krav til friksjon	17
Tabell 9. Toleransekrav til ulike linjelengder og linjeåpninger	20
Tabell 10. Toleransekrav for linjeavstand, kombinasjonslinjer.	20
Tabell 11. Toleransekrav for linjebredder	20
Tabell 12. Kravene til materialer for håndlagt oppmerking	33
Tabell 13. Innhentet gjennomsnittsverdiene i tørr tilstand	33
Tabell 14. Mellomliggende data.....	34
Tabell 15. Ytelsesklasser for R_L i tørr tilstand	34
Tabell 16. Ytelsesklasser for Q_d	35
Tabell 17. Mellomdata ved måling av friksjon	36
Tabell 18. Sammenligning av priser til malinger	40

Terminologi

Forkortelser

ÅDT	Årsdøgntrafikk
VOC	Volatile organic compounds
SRT	Skid Resistance Tester. Et uttrykk for friksjonen.
SVV	Staten Vegvesen
PFT	Portable Friction Tester
RF	Relativ fuktighet
DGFC	Dense - graded friction courses
OGFC	Open - graded friction courses
HMS	Forkortelse for helse, miljø og sikkerhet
VS	Venstre side
HS	Høyre side

Symboler

Q_d	Luminanskoeffisient
R_L	Retrorefleksjonskoeffisient
L_s	Stopp sikt
L_{ko}	Minimum siktlengde for oppmerkingen av kjørefeltlinje
μ	Gjennomsnittsverdi for friksjon som er oppgitt i PFT-verdi
μ_{min}	Minimumsverdi for friksjon i PFT - verdi
μ_{max}	Maksimumsverdi for friksjon i PFT - verdi
β	Standardavvik

1 Innledning

Vegoppmerking er et trafikkmiddel som benyttes til å informere trafikanter om forskjellige situasjoner som kan oppstå på en vegbane. Sammen med skilter vil korrekt vegoppmerking skape en god forståelse av vegbane hos trafikantene og gi en ide av hvordan de forskjellige trafikant gruppene skal oppføre seg på vegbane slik at trafikken kan foregå uten ulykker.

Gjennom årene har både vegoppmerkings teknikk og materialer utviklet seg for å øke trafikksikkerheten. Selve vegoppmerking er avhengig av flere fagretninger. Kjemi som benyttes oftest for å få vegoppmerkingsmiddel med ønskete egenskaper, fysikk - for å regne ut mekaniske faktorene (f.eks. friksjon og refleksjons faktor) og landmåling som brukes for å planlegge og utføre selve markeringsprosessen. Ved å kombinere disse forskjellige fagområder får man en god vegoppmerking.

Når det gjelder vegoppmerking i dag så har akademisk forskning av den flyttet seg litt fra material/teknikk lære og nærmere mot 3d-skanning/navigasjon som kan på et eller annet måte integreres i vegoppmerking for å få bedre navigasjons data og forbedre orientering av selv kjørende biler. Det er flere universiteter og laboratorier som er opptatt av for eksempel vegoppmerking som hjelper selvkjørende biler med orientering eller vegoppmerkingen som kan sende navigasjonsdata til satellitter. Det finnes flere grunner til slike utviklinger. For det første så er område påvirket av innovasjoner i vegbane og bil industrien. Det vil si at veg oppmerking må utvikle seg i forhold til de nye bilder for å sikre god trafikk. En kan si at det er utviklinger i bil industrien som styrer utviklingen i vegoppmerking fag område. Når det gjelder 3D skanning og navigasjonsdata så kan interesse lett forklares med at det blir lettere å utføre avanserte simuleringer av veier med bedre 3D modeller. En god 3D modell kan for eksempel hjelpe med å fort finne svakheter i forskjellige deler av vegbane eller hjelpe ved utføring av diverse arbeid på veien.

En annen grunn for at forskere er mer opptatt av 3d-skanning/navigasjon er at det rett og slett er vanskelig å utvikle et nytt material som kan brukes til vegoppmerking. Det er mye som må gjøres før nye materiell har sjanse for å bli brukt på offentlige veier. Materialet må testes i laboratorier, ha riktige egenskaper, tilfredsstillende alle nasjonale kravene en stat kan ha til vegoppmerking osv. Man må også tenke på formen og hva oppmerkingen skal benyttes til. I

Norge så har vi flere håndbøker publisert av Statens vegvesen som oppgir de fleste (ganske ofte alle) nødvendige kravene. Derfor vil denne bachelor oppgaven hente en god del av faglig relevant informasjon fra disse håndbøkene.

2 Problemstilling

Hvor bærekraftig er fotoluminescerende maling ved bruk på veg for markering og belysning?

2.1 Målet med oppgaven

Målet med oppgaven er å undersøke om fotoluminescerende maling tilfredsstillende Europeiske kravene og om den kan bærekraftig brukes på vegbane. Grunnleggende data vil bestå av målingene tatt av Statens vegvesen, faglig relevant informasjon som man fant ved hjelp av gjennomført litteratursøk og observasjoner av gruppemedlemmer. Informasjon fått fra målingene/observasjoner skal analyseres og sammenlignes med norske/europeiske standarder og annet relevant informasjon som gjelder for vegoppmerking generelt. Det blir også utført et kort HMS og kostnads analyse. Alternative bruk for materialet skal diskuteres, men ikke være sentralt fokus. Det er viktig å merke at hvis valt materiale ikke tilfredsstillende Statens vegvesens (SVV) krav til vegoppmerking så blir det nevnt en del egenskaper som må fikses for at materialet skal kunne brukes i Norge og Europa. Som det var sagt tidligere vil oppgaven først og fremst fokusere på potensialet til materialet innenfor vegbane. Oppgaven skal resultere i en ferdigskrevet bacheloroppgave, oppmerket parkeringsplass og muntlig presentasjon som vil avklare en del ting.

2.2 FNs bærekraftsmål

I seg selv er valget av en alternativ måte å øke sikkerhetsnivået på fjerntliggende veier fra byer om natten ved bruk av fotoluminescerende maling i stedet for konvensjonelle veibelysning som lyktestolper, også relatert til FNs mål for bærekraftig utvikling. Dette gjelder bærekraftige utviklingsmål som 13. Stoppe klimaendringene og 9. Industri, innovasjon og infrastruktur.

Målet 13. Stopp klimaendringene beskrevet som et tiltak for å bekjempe klimaendringene og deres virkninger ved å redusere utslipp, fange og lagre CO₂, og viktigst av alt behovet for å

investere i fornybar energi, nye industrielle systemer og endringer i infrastruktur. Å velge fotoluminescerende maling for å forbedre trafikksikkerheten om natten, i stedet for å installere lyktestolper og koble strøm til dem, vil redusere utslippene betydelig ved å redusere miljøavtrykket under produksjon og transport.

Ved bruk av vanlig vegbelysning som lyktestolper brukes energi. Hvilken miljøeffekt energiforbruket har, er avhengig av hvor miljøvennlig strømmen produseres. Andre negative effekter ved valg av vanlig vegbelysning kan være uheldige effekter for dyr som kan bli forstyrret av lyset, bl.a. hekkende fugl, eller miste orienteringen. Slike effekter er kun i liten grad empirisk undersøkt.

Målet 9. Industri, innovasjon og infostruktur beskrevet som å bygge solid infrastruktur og fremme inkluderende og bærekraftig industrialisering og innovasjon ved å finne måter å øke ulike land sine potensiale for utvikling og vekst, samtidig som det satses mer på teknologi og vitenskap. Temaet for vårt arbeid faller inn under punkt 9.4 med målet å oppgradere infrastruktur innen 2030 for mer effektiv bruk av ressurser og mer utstrakt bruk av rene og miljøvennlige teknologiformer.

*“To be able to generate power from the sun to a path glowing at night — this is of real practical use to the world”*¹ sier Hamish Scott, grunnlegger av Pro – Teq og Nevana Designs.

Ideen om å bruke sollysmaling som en kilde til en liten mengde lys om natten for å forbedre sikkerheten, ser veldig optimistisk ut. Kjernen er en innovasjon innen veimerking, som er preget av en mer rasjonell bruk av økonomi, mens man bruker ny teknologi for å redusere miljøpåvirkningen.

¹ Michael Abrams, Mai 2015. Nyhetsartikkel «Glowing the Roads».

3 Arbeidsmetode

For å finne svar på problemstilling har vi kommet i kontakt med SVV for å få aktuell faginformatjon. Vi har også utført litteratursøk for å finne relevante fag tekster ved bruk av digitale midler som Endnote, Google Scholar og NTNU's Oria. Videre ble det utført praktisk arbeid hvor gruppemedlemmer har brukt fotoluminescerende materialet for å merke et valgt sted og tok forskjellige relevante målinger (friksjons koeffisient, luminans koeffisient osv.). Markerte området observeres både om dag og natt for å dokumentere resultatene.

Selve arbeid med oppgave deles inn i 4 faser:

Fase 1:

Definer generell arbeidsplan. Utfør litteratursøk for å få oversikt over relevant informasjon, komme i kontakt med representant fra SVV og lage en plan på hva som skal gjøres.

Fase 2:

Vurdering og bestilling av utstyr og materiall som skal brukes for bacheloroppgaven. Planlegging av utførelse og risikoanalyse av den praktiske delen.

Fase 3:

Utførelse av den praktiske delen dvs.: oppmerking av bestemte område, måling av nødvendige faktorene og generell observasjon.

Fase 4:

Arbeid med den skriftlige delen av oppgave/presentasjon basert på resultatene gruppen fikk i Fase 3.

3.1 Avgrensinger

Vi har valgt å avgrense oss hovedsakelig til vegbane selv om materialet kan brukes i mange områder av universell utforming. Grunnen til det er tidsrammen og arbeids mengde som

allerede skal utføres for å skrive oppgaven. I tillegg utføres det ingen laboratoriearbeid med materialet. Materialet skal ikke modifiseres på en eller annen måte. Oppgaven vil ikke inneholde en del med kjemisk analyse, men den blir kun benyttet som anbefaling på hvilket parameterne må justeres for at materialet kan oppnå større effektivitetsgrad.

En annen viktig avgrensning er realistiske avgrensinger ved utførelse av den praktiske delen. Som studenter har vi begrenset med ressurser. Dette gjelder hovedsakelig materialer, utstyr og erfaring. Vi har veldig lite praktisk erfaring når det gjelder vegoppmerking, begrenset mengde av fotoluminescerende maling og ingen tilgang til utstyret som brukes for vegoppmerking i dag. Dette innebærer i seg selv to viktige faktorer. For det første så kan resultater av den praktiske delen påvirkes av dette. For det andre så betyr dette at hvis vegoppmerkingen med dette materialet utføres av folk med erfaring og med riktig utstyr så vil de mest sannsynlig få mye bedre resultat.

En annen viktig begrensning å nevne er tid. Oppmerkingssesongen starter rundt april og slutter rundt oktober på grunn av værforholdene i Norge. Dette gir oss cirka 1 måned som kan brukes til å observere oppmerkingen og ta målingene. Derfor vil resultatene hovedsakelig gjelde for denne tidsperioden. Flere faktorer som for eksempel generell holdbarhet bør undersøkes videre over lengre tidsperiode.

Til slutt så er det viktig å nevne at stedet som ble valgt for praktiske delen er område som eies av privat person som ga oss tillatelse til å markere et sted innenfor et område. Dette innebærer i seg selv at holdbarhet påvirkes for det meste av klimaforhold. Selv om gruppen vil gjennomføre et par holdbarhets tester så må dette undersøkes videre.

4 Teori

4.1 Fotoluminescerende materialer

Fotoluminescerende materialer som brukes på fortau kan bidra til å forbedre trafikksikkerheten og skape mer effektive markeringer. Nærmere bestemt kan sykkelstier, utfartsveier og parkeringsområder dra nytte av økt trafikksikkerhet i mørket. Ideen om å bruke sollysmateriale til veidekke er et av de nederlandske forbedringsprosjektene for veitrafikk, kalt Smart Highways. For at nederlandske selskaper utvikler sollysmaling som kan gløde i opptil 10 timer om natten, og belyse veier med relativt kostnad. Basert på dybdeanalyser og forbedringer av den tekniske ytelsen over tid, kan denne typen fornybar og ganske billig kilde til lys og trafikksikkerhet forbedre markeringseffektiviteten.

For å oppnå en positiv effekt når det gjelder sikkerhet, miljøpåvirkninger og bærekraft (Cafiso og D'Agostino 2016), er det relevant å vurdere og å kvantifisere begge fordelene, som luminanseffekter og ulemper, som teksturfall og friksjon reduseres for både tradisjonelle tettgraderte friksjonskurs (DGFC) og innovative åpne graderte friksjonskurser (OGFC) eller lignende gjennomtrengelige løsninger. Spesielt kan permeable belegningsflater som OGFCs påvirke by klima sterkt, og dette innebærer at vurderingen av deres totale ytelse blir mer og mer relevant.

For dette formål er lysstyrke en nøkkelfaktor. Når det gjelder luminans anses 3 lx som minimum nivå for nattesynlighet i mange trafikksikkerhetsapplikasjoner, mens en verdi på ca. 100 lux er minimum for veimerking på tørre underlag.

Forskjellige materialer kan brukes til merking av fortau, som maling, spray etc. De nødvendige karakteristikkene for markering inkluderer glidemotstand, refleksjon (i dagslys eller under veibelysning), retrorefleksjon (under kjøretøyets hodelyktbelysning) og farge.

Luminans avhenger ikke av overflatetypen. Luminans er den totale mengden synlig lys som lyser opp et punkt på en overflate fra alle retninger over overflaten, og kan måles med en lux meter. I stedet avhenger luminansen av overflatetype og lyskilde.

4.2 Vegoppmerking

Med vegoppmerking menes her oppmerking utført på vegdekket med maling, termoplast eller andre egnede materialer, etter vedtak av rette myndighet i samsvar med det oppmerkingssystem som er fastsatt i skiltforskriften og bestemmelser og krav i denne håndboka.²

Vegoppmerkings maling er et materiale som brukes på en vegoverflate for å formidle offisiell informasjon. De plasseres ofte med veimerkemaskiner (eller vegmerkingsutstyr, fortaumerkeutstyr). De kan også brukes i andre fasiliteter som brukes av kjøretøyer for å merke parkeringsplasser eller bestemte områder for annen bruk.

De første vegoppmerkinger som ble utført, også det som kan betegnes som langsgående oppmerking, ble applisert manuelt. Siden den tid har den tekniske utvikling, krav til effektivisering og arbeidsmiljø bidratt til at all langsgående oppmerking utføres med store maskineneheter.³

Vegoppmerking brukes på asfalterte veier for å gi veiledning og informasjon til sjåførere, fotgjengere og syklister. Ensartetheten i merkingen er en viktig faktor for å minimere forvirring og usikkerhet om deres betydning, og det finnes forsøk på å standardisere slike markeringer over landegrensene.

Vegoppmerkinger kategoriseres og spesifiseres på forskjellige måter - hvite linjer kalles hvite linjer mekaniske, ikke-mekaniske eller midlertidige. De kan brukes til å avgrense trafikkfelt, informere bilister og fotgjengere eller fungere som støygeneratorer når de løper over en vei,



Figur 1. Linjetyper som kan produseres med ekstruderingsško og tilhørende styringsboks, hentet fra Lærebok vegoppmerking Nr. 452.

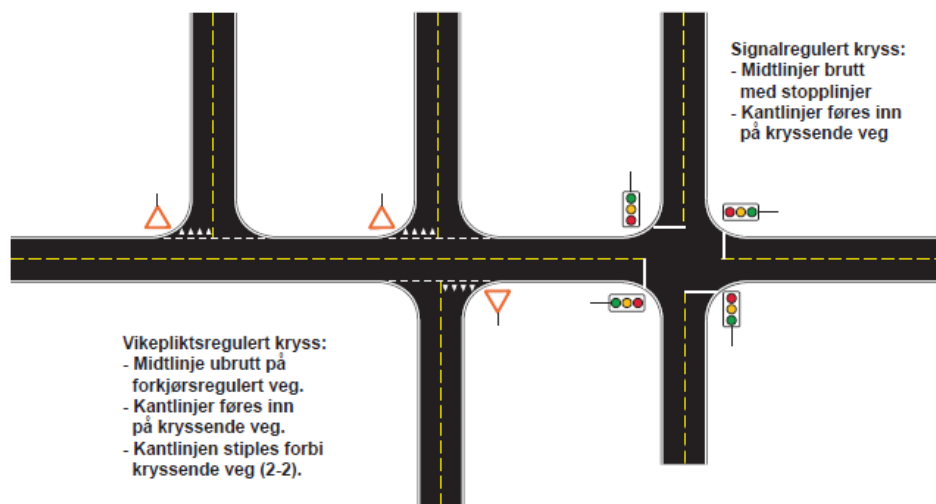
² Håndbok N302. Vegoppmerking, 2015. 1. Regelverk, administrasjon og vedtaksmyndighet, side 11.

³ Lærebok vegoppmerking. Nr. 452, 2019. Historikk, side 77.

eller prøver å vekke en sovende sjåfør når de er installert i skuldrene på en vei.

Vegoppmerking brukes også for regulering for parkering og buss stopp. Nemlig selve parkeringsplasser og symboler på veg, for eksempler piler som regulerer trafikken eller parkeringssymbol for folk med funksjonshemninger.

I dag brukes vegoppmerkinger til å formidle en rekke informasjon til sjåføren som spenner over navigasjons-, sikkerhets- og håndhevelsesproblemer som fører til deres bruk i veimiljøforståelse innen avanserte førerassistansesystemer og hensyn til fremtidig bruk i autonome veibiler. Et godt eksempel på dette er stopplinjer i vegkryss eller oppmerking som står ved utkjøring på hovedveg:



Figur 2. Eksempel på vegkryss og utkjøring til hovedvegen, hentet fra Handbok N302.

Europeiske land følger Wienerkonvensjonen, 1968 om vegtrafikkskilt og signaler, som beskriver hvordan veiskilt og merking skal se ut. Konvensjonen har en viss fleksibilitet, så veimerking varierer noe mellom landene. Dessuten følges:

- Avtale om vegtrafikkskilt og signaler, Genève 1971 (Europa-avtalen)
- Protokoll om vegoppmerking. Genève 1973 (Oppmerkingsprotokollen)
- Europeisk avtale om internasjonale hovedtrafikkårer, Genève 1975 (Europavegavtalen)

Formålet med de internasjonale avtaler er å lette den internasjonale vegtrafikken og å fremme trafiksikkerheten ved mest mulig ensartede trafikkskilt, vegoppmerking og trafikksignaler.⁴

De fleste europeiske land reserverer hvitt for rutinemessige banemarkeringer av noe slag, mens Norge har gule markeringer som skiller trafikketningene.

4.3 Vegoppmerkingsmaterialer

Vegoppmerkingsmaterialer som benyttes i Norge, og i oppmerkingskontrakter med SVV kun i dag deles i to typer. Disse to typene er vannbasert maling og termoplast.

Generell informasjon om alle vegoppmerkingsmaterialer som brukes i dag vil bli beskrevet her.

4.3.1 Termoplast

Termoplast er en betegnelse på de materialtyper som smeltes ved oppvarming og deretter legges ut med tilpasset utstyr som ferdig oppmerking.

Det er et slitesterkt fortau merkemateriale sammensatt av glassperler, pigmenter, bindemidler (plast og harpiks) og fyllstoffer som leveres enten som granulater (pulver) eller i blokkform. Sammensetningen varierer mellom de ulike kvalitetene og linjetypene de er designet for, og en grov inndeling kan se slik ut:

- Bindemiddel (harpiks, mykgjørere, polymér) 18 – 22 %
- Pigment (titandioksyd el. organisk gult pigment) 1 – 10 %
- Fyllstoff (dolomitt, sand, friksjonstilsetning) 25 – 60 %
- Glassperler (premiaks) 20 – 50 %

Termoplastiske veimerkinger er faste ved omgivelsestemperaturer, så de må smeltes for påføring. Materialet varmes opp i spesielle oljemantlede gryter på egne smeltebiler eller direkte på utleggingsbilen., og ved ca. 200 °C, deretter påføres vegdekket. Basert på prosessen

⁴ Håndbok N302. Vegoppmerking, 2015. 1.2 Internasjonale avtaler, side 11.

med selve termoplastisk produksjon, kan vi si at under produksjonen av termoplastikk har en skadelig effekt på miljøet.

For termoplast materialer er det to ulike utleggingsmetoder for langsgående linjer. Det er ekstrudert og sprayet termoplast.

Ekstrudert termoplast

Dette er det mest kostbare alternativet, men også det mest holdbare og slitesterke materialet som anvendes i Norge i dag. I tillegg bidrar produksjonsprosessen til en stor miljøpåvirkning.

I en ekstruder blir termoplast varmet opp og bearbeidet i en sylinder som kontinuerlig presser platen ut gjennom en dyseåpning som gir produktet den ønskede tverrsnittsprofilen.

På høytrafikkerte veger, med ÅDT > 5000, er ekstrudert termoplast også det eneste reelle alternativet for kantlinjer.

I motsetning til maling kan utlagte linjer med termoplast overkjøres i løpet av kort tid. Utlagt linjetykkelse vil for termoplast ikke reduseres under overgang til fast form.⁵

Sprayet termoplast

Det er et økonomisk og raskt fortau-merkemateriale som, når det påføres på kjørebane med «drop-on glass», danner en jevn reflekterende veioppmerking. Den raske påføringshastigheten og øyeblikkelig tørketid eliminerer trafikkforsinkelser og materialsparing som normalt er forbundet med ekstruderte veimerkinger.

I dette tilfellet påføres produktet i tynne lag over det valgte området. Som resultat får man den lavere materialtykkelsen en relativt høyere slitestyrke sammenlignet med ekstrudert termoplast.

Det mest vanlige er å legge sprayet termoplast i tykkelser mellom 1,0 og 2,0 mm. I Norge brukes for tiden sprayet termoplast vanligvis i tykkelser på 1,5 og 2,0 mm. Normalt sett er sprayet termoplast et dyrere alternativ å legge enn vannbasert maling, men vanligvis vil også

⁵ Lærebok vegoppmerking. Nr. 452, 2019. Ekstrudert termoplast, side 20.

den funksjonelle levetiden være lengre. Sprayet termoplast brukes som oftest ved nylegging og reparasjon av kantlinjer, særlig på det «mellomtrafikkerte» vegnettet med ÅDT ca. 1000 – 5000.⁶

Parallelt med at sprayet termoplast tok over for løsemiddelbasert maling ble det utviklet nye og bedre typer av vannbasert vegmerkemaling. På prøvefelt ble det konstatert at denne type maling kunne være godt egnet på vegnett med lav trafikkbelastning. I dag representerer vegoppmerking utført med vannbasert maling mer enn 30% av det oppmerkede linjeareal i Norge.

4.3.2 Vannbasert maling

Vannbasert veimerkingsmaling påføres vanligvis med spesialutstyr installert på spesielle kjøretøy designet for veiarbeid. Denne utleggingsmetoden er effektiv for langsgående oppmerking over lange strekninger. I tilfelle det er behov for å påføre vannbasert maling på en liten del av veien, brukes selvgående maskiner og/eller manuelt utstyr.

Prosessen med å påføre maling på veibanen utføres ved å spraye maling med et tynt lag med 0,4 mm tykkelse. Når denne malingsfilmen tørker, blir tykkelsen redusert. Hvor mye avhenger av tørrstoffandelen i materialet. Siden vannbasert maling er en tynn linje med større slitestyrke, brukes den ofte til å indikere kantlinje på det lavtrafikkerte vegnettet.

Slik maling krever et tidsintervall på 2-20 minutter for fullstendig tørking. Tørketiden påvirkes av faktorer som utlagt tykkelse, relativ luftfuktighet og lufttemperatur.

Vannbasert maling brukes ofte på tette veier og svært sjelden med ÅDT > 1000. Men selv på lavtrafikkerte veger med ÅDT < 1000 kan det oppstå mye slitasje på sterk kort tid. Dette påvirkes av faktorer som bredden på veien, sinuositet, grov struktur på veidekket.

Det er et unntak der vannbasert maling kan brukes på en veibane med tung trafikk, forutsatt at kjøretøy ikke krysser linjen. Et eksempel er venstre kantlinje på 4-felts veg, der kantlinjen ligger tett opp mot midtdeler, eller slik plassert at den ikke får trafikkbelastning.

⁶ Lærebok vegoppmerking. Nr. 452, 2019. Sprayet termoplast, side 19.

Selv om vannbasert maling har relativt dårlig holdbarhet, så veier det positivt for denne metoden at det relativt sett er et billigere alternativ. Både kort holdbarhet og lav kostnad må legges inn som faktorer i kost/nytte-analysen.⁷

Vannbasert vegmerkemaling brukes i hovedsak som kantlinjemerking på lavtrafikkert vegnett (ÅDT < 1000) i tillegg til oppmerking på flyplasser.

Malingen er av typen akryl hvor bindemidlet er emulgert i en vannfase. Sammensetningen av den type malingen avhenger av kvaliteter, men kan forenklet se slik ut:

- Bindemiddel 15 – 20 %
- Pigment 1 – 10 %
- Fyllstoff 30 – 40 %
- Vann 40 – 50 %
- Additiver 1 – 2 %

I Tabell 1. vises fordeling av ulike materialtyper i Norge, 2019, hvorav man kan få se at termoplast dominerer når det gjelder forbruk, mens vannbasert maling brukes oftere basert på oppmerket areal:

Tabell 1. Fordeling av ulike materialtyper i Norge, 2019

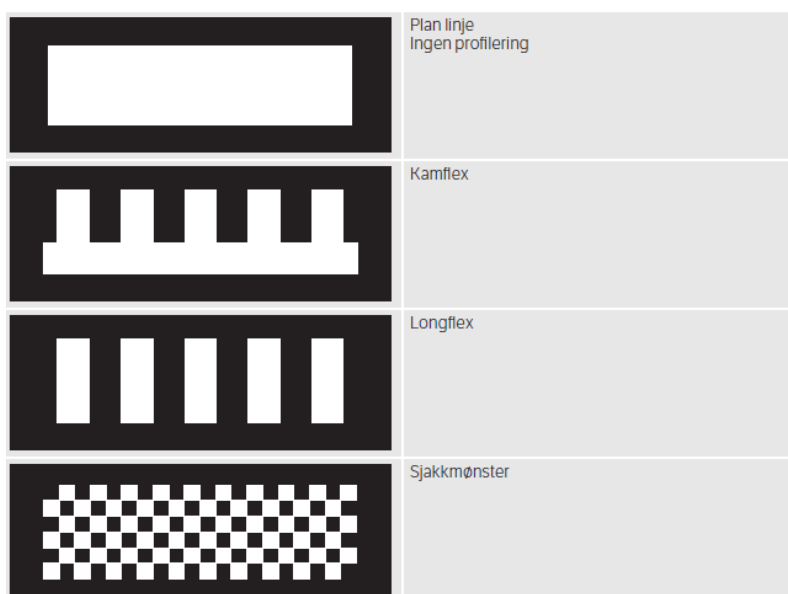
Materialtype	Forbruk (tonn)	Oppmerket areal (m ²)
Maling	1000	1 500 000
Termoplast - Håndlegging	2401	401 500
Termoplast - Prefabrikkert	111	18 500
Termoplast - Ekstrudert	6955	1 405 000
Termoplast - Spray	2740	1 210 000
SUM	13 207	4 535 000

⁷ Lærebok vegoppmerking. Nr. 452, 2019. 2.4 Aktuelle metoder for vegoppmerking i Norge, side 18.

4.4 Profilert vegoppmerking

Profilert oppmerking er langsgående linjer (både kant og midt linjer) som er på ett eller annet måte brutt eller opplagt i samsvar med spesielt mønster som oppleves fortsatt som kontinuerlig. Profilert oppmerking brukes i flere lander, blant annet Norge og New Zealand. Hensikt med profilert vegoppmerking er å få fram ekstra informasjon til bil sjåfør. Det er to viktige egenskaper som bidrar til dette. Den første egenskap er synbarhet. Profilert oppmerking er lettere å se i mørket og når vegoppmerkingen er våt. Den andre og mest sannsynlig den viktigste egenskap av profilert oppmerking er vibrasjon/lyd den lager når bil kjører over linjen. Dette skjer på grunn av oppmerkingsmønster og vil varsle sjåføren hvis han/hun er for nærme til midten eller kanten av vegen. Her er et par eksempler på ulike typer av profilert oppmerking:

For det meste så bruker entreprenørene termoplast for å lage profilert oppmerking pga. materialets egenskaper. Kravene for både generelt og profilert vegoppmerking finnes i håndboka R 310.



Figur 3. Eksempler på profilert vegoppmerking mønster, hentet fra HB N302.

4.5 Funksjonskravet til vegoppmerking

Det finnes visse tekniske krav til vegoppmerking. Disse er:

- synbar i daglys/mørket,
- farge krav,
- friksjon krav,
- slitasje egenskaper

Disse er sentrale kravene for alle typer vegoppmerking. Hver av disse kravene har fastsatte prosedyrer for målinger og klare tabeller med definerte målings/krav verdiene. Men når det gjelder slitasje egenskaper og vedheftings egenskaper så blir det litt vanskelig å fastsette noe krav her. Det er noe som skal testes og vurderes av inspektørene. Det finnes også krav om form, tykkelse, bredde og lengde av vegoppmerkingen som oppfylles i samsvar med stedet hvor den skal legges.

4.6 Synbarhet i daglys og mørket

De viktigste egenskapene for synbarhet er farge, overflate som er valgt for vegoppmerkingen, kontrast til vegdekkets farge, luminanskoeffisient (Q_d) og retrorefleksjonskoeffisient (R_L).

Luminanskoeffisient Q_d som brukes i EN 1436 er et mål på vegoppmerkingens evne til å reflektere lys som kommer fra diffus lyskilde. Dette vil være daglys eller vegbelysning, med andre ord dette er stabil og jevn lys over lang periode. Dette gjelder hovedsakelig synbarhet i daglys.

I motsetning til retrorefleksjonskoeffisient R_L er et mål på vegoppmerkingens evne til å reflektere lys som kommer for eksempel fra billyktene til observator. Med andre ord dette koeffisienten måler refleksjon for lys fra på en måte ustabil kilde. Retrorefleksjon brukes hovedsakelig som en målverdi på hvor synbar oppmerkingen er i mørket.

Det detaljerte driftsprinsippet er beskrevet i «Performance of road markings and road surfaces» (2011).

Måling av luminanskoeffisient utføres bare på tørr vegoppmerking, mens måling av retrorefleksjonskoeffisient kan utføres både i tørr og våt tilstand. Det kan være lurt å utføre retrorefleksjonskoeffisient måling i våt tilstand på grunn av ekstra krav til alle kantlinjer på riksveger med ÅDT > 2000. Disse ekstra kravene gjelder bare kun for veger uten belysning.

Kravene til Retrorefleksjons koeffisient er som følger:

Tabell 2. Minimumskrav til retrorefleksjonskoeffisient i ny tilstand

$R_{L, \text{tørr}}$ i ny tilstand

Type	Hvit mcd/lx/m ²	Gul mcd/lx/m ²
$R_{L, \text{Langsgående oppmerking}}$	≥ 200 (R4)	≥ 150 (R3)
$R_{L, \text{Tverrgående oppmerking}}$	≥ 100 (R2)	≥ 100 (R2)

Tabell 3. Minimumskrav til retrorefleksjonskoeffisient i garantitiden

$R_{L, \text{tørr}}$ i garantitiden

Type	Hvit mcd/lx/m ²	Gul mcd/lx/m ²
$R_{L, \text{Langsgående oppmerking}}$	≥ 150 (R3)	≥ 100 (R2)
$R_{L, \text{Tverrgående oppmerking}}$	≥ 100 (R2)	≥ 100 (R2)

For våt tilstand gjelder dette:

Tabell 4. Krav til Retrorefleksjonskoeffisient i våt tilstand

R_L i våt tilstand

Type	Hvit mcd/lx/m ²	Gul mcd/lx/m ²
$R_{L, \text{våt}}$	≥ 35 (RW2)	-

For Luminanskoeffisient, Q_d gjelder følgende tabellen:

Tabell 5. Krav til Luminanskoeffisient

Farge	Minimum luminskoeffisient, Q_d
Hvit	≥ 130 (Q3)
Gul	≥ 100 (Q2)

Farge for vegoppmerkingen oppgis i kromatiske farge koordinater x og y i CIE-fargesystemet. Norge bruker både gule og hvite linjer for vegoppmerkingen så er det viktig å ha klart skilling

mellom spesifikasjoner av hvit og gul farge. Gule midtlinjer må oppfattes som gule både i daglys og i billys i mørket. Derfor finnes det krav til 2 sett av fargekoordinater som må oppfylles.

Tabell 6. Krav til fargekoordinater i daglys

Farge		1	2	3	4
Hvit	x	0,355	0,305	0,285	0,335
	y	0,355	0,305	0,325	0,375
Gul (Y1)	x	0,443	0,545	0,465	0,389
	y	0,399	0,455	0,535	0,431

Tabell 7. Krav til fargekoordinater i mørke

Farge		1	2	3	4
Hvit	x	0,480	0,430	0,405	0,455
	y	0,410	0,380	0,405	0,435
Gul (Y1)	x	0,575	0,508	0,473	0,510
	y	0,425	0,415	0,453	0,490

Når det gjelder kravene til flate så finnes det ikke noe spesifikke krav, bare generelle krav. De generelle kravene er som følger: Flate skal ha klart kontrast med vegoppmerking som legges ned og flate skal være mer eller mindre jevnt.

4.7 Friksjon

Friksjon oppgis i SRT-verdi. SRT bestemmes ved å måle med friksjonspendel.

Friksjonspendel fungerer best ved måling av plane linjer. Profilert vegoppmerking anses alltid å tilfredsstillende friksjonskravene. Derfor er friksjonsmåling for slike linjer er ikke obligatorisk.

Alternative metoder kan benyttes dersom verdiene man får kan konverteres til SRT-verdi.

Kravene til friksjon er som følger:

Tabell 8. Krav til friksjon

Produkt	Krav til SRT (NS – EN klasse)
Langsgående vegoppmerking	≥ 45 (S1)
Tverrgående vegoppmerking, tekst og symboler	≥ 43 (S3)

Alternativt til SRT benyttes ofte PFT ved måling av friksjon. Når det gjelder friksjon tilsvarer en PFT-verdi på 0,52 en SRT-verdi på 50 (klasse S2 i EN 1436), mens en PFT-verdi på 0,65 tilsvarer en SRT-verdi på 60 (S4). En PFT-verdi på 0,71 tilsvarer en SRT-verdi på 65 (S5).

Merk at en PFT-verdi på 0.52 tilsvarer en Skid Resistance Tester (SRT) - verdi på 50.

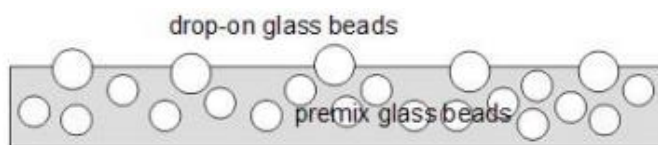
Oversettelsen fra PFT - verdi til SRT- verdi og omvendt resulterer i en usikkerhet på omtrent 10% (Wälivaara, 2007). Følgelig er det en risiko for at en avlesning av en verdi like under 0.52 PFT - verdi faktisk har 50 SRT- verdi og derfor bør oppfylle kravet.

4.8 Drop-on-materialer

Drop-on-materialer er dekket av EN 1423 «Road marking materials – Drop on materials – Glass beads, antiskid aggregates and mixtures of the two». En endring, EN 1423 / A1 fra 2003, innebærer CE-merking av disse materialene.

Under påføring av materialer i flytende former er glassperler og / eller antiskridaggregater normalt påføres overflaten som «drop-on-materialer». Glassperlene forbedrer refleksjonen i kjøretøyet frontlysbelysning, mens antiskridaggregatene forbedrer glidemotstanden.

Etttersom glassperlene i overflaten gradvis forsvinner på grunn av erosjon av trafikk, skal materialer som brukes tykke belegg (termoplast) inneholder for det meste forblandte glassperler. Disse dukker opp gradvis i overflaten når den eroderer av trafikk. Se Figur 4.



Figur 4. Illustrasjon av drop-on og premix glassperler, hentet fra Sørensen, K. (2011).

I tilfellet med maling, må det påføres et lag med glassperlene på toppen, som gjør levetid kortere og fører til en reduksjon av R_L - verdien.

Bruk av drop-on-glass fører til forsterkning av R_L - verdiene, og at nye veimerkinger kan ha R_L - verdier målt i hundrevis av $[cd \cdot m^{-2} \cdot lx^{-1}]$. Slike verdier er tilstrekkelige, men drop-on-glass går gradvis tapt i hjulets slipende virkning. I løpet av et par år har R_L - verdiene for de

fleste veier tegninger basert på maling og termoplast reduseres til 100 [$\text{cd}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{lx}^{-1}$]. En betydelig del av slike R_L - verdier kan være forårsaket av refleksjon av overflaten, slik at de små delene av glass bidrar med mindre enn 100 [$\text{cd}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{lx}^{-1}$].

Imidlertid reduseres tekstur og profiler har en tendens til å bli avrundet når de utsettes for slitasje av hjulpassasjer. Dette forårsaker en gradvis, men betydelig, reduksjon av R_L - verdier.

Noen produkter som bruker andre materialer eller perler med høy indeks, kan gi høyere innledende R_L - verdier, og kan være mer motstandsdyktig mot trafikk. Men kostnaden for slike produkter forhindrer utbredt bruk av dem. Følgelig er det en trenger å utvikle produkter med lave eller gjennomsnittlige kostnader med mer holdbare R_L - verdier.

Bidraget med overflaterrefleksjon er kanskje ikke stort, men kan være verdifullt for å opprettholde R_L - verdier over lengre perioder og i våte forhold.

4.9 Krav til utførelse og form

Ferdig utført vegoppmerking skal tilfredsstillere flere krav til utførelses prosessen og form. De generelle kravene er: vegoppmerkingen skal ha god strekk i linjen, ha god nok treff av formerking og tilfredsstillende strekkkvalitet med hensyn på formen (dvs. at den ferdig lagt vegoppmerkingen skal ha formen som var planlagt i starten). Vegoppmerkingen utføres når vegbane er rent (grus var fjernet og vegen ble vasket med høytrykkspiller) og tørr. Det vil si at dato som velges for oppmerkingen er i stor grad avhengig av vær. Materialet som brukes for oppmerkingen skal dokumenteres og rapporteres til SVV.

4.9.1 Toleransekrav

Toleransekrav er kravet til maksimalt avvik fra formerking eller vegoppmerkingen som skal repareres. Den er satt opp for å sikre oppmerkingens kvalitet og nøyaktighet.

Dette er Toleransekrav tabell gjelder for linjer på rett strekning:

Tabell 9. Toleransekrav til ulike linjelengder og linjeåpninger

Linjelengder/åpninger	Nylegging	Reparasjon
1 m	± 5 cm	± 20 cm
2 m	± 5 cm	± 20 cm
3 m	± 10 cm	± 20 cm
9 m	± 10 cm	± 20 cm

Dette tabellen spesifiserer avvik i avstand mellom linjene i linjekombinasjon:

Tabell 10. Toleransekrav for linjeavstand, kombinasjonslinjer.

Dekke	Krav
Nylagt og slett asfalt	± 1,0 cm
Sporet asfalt innefor maks. 2,5 cm asfaltspor	± 2,0 cm

Toleransekrav for linjebredde er som følger:

Tabell 11. Toleransekrav for linjebredder

Linjebredde	På nylagt og slett asfalt	På gammel og sporet asfalt inntil 2,5 cm sporlitasje	
		Kombinasjonslinjer	Enkeltlinjer
10 cm	± 0,50 cm	± 1,0 cm	± 1,0 cm
15 cm	± 0,75 cm	± 1,5 cm	± 1,0 cm
20 cm	± 1,00 cm		± 1,0 cm
30 cm	± 1,50 cm		± 1,0 cm

Ved reparasjon av eksisterende vegoppmerking tillates det avvik på ± 3cm for lengde på 48 meter fra startpunkt.

4.10 Kvalitetskontroll

Kvalitets kontroll gjennomføres for å sikre vegoppmerkingens egenskaper. Med andre ord så gjennomføres den for å sikre visuelt faktor (hvor lett er det å se oppmerkingen), friksjon og for profilerte linjer- hvordan vil bil oppføre seg hvis man kjører på oppmerkingen. Dette gjøre for å sikre at trafikken skal foregå på mest effektiv, komfortabelt og sikkert måte.

For å utføre kontroll må man benytte instrumenter for å ta forskjellige målinger. Utstyr spesifikasjoner er oppgitt i NS-EN 1436. Slikt utstyr deles vanligvis i to typer: portable instrumenter som man kan ta med seg til sted og bilmonterte instrumenter. Samme regler gjelder både for portable instrumenter og bilmontert instrumenter.

Selve kontrollmålinger utføres alltid av tredjepart som har ingen direkte eller indirekte kobling til byggherre eller entreprenør. Kontrollmålinger skal alltid utføres i forbindelse med først og fremst kontraktoppfølging. Dersom vegoppmerking eller kontroll blir ikke godkjent skal entreprenøren utføre oppmerkingen av hele strekningen igjen uten noe ekstra kostnader for byggherren. Alternativt kan entreprenør redusere pris for byggherre i samsvar med egne regler. Det er kun byggherre som bestemmer om vegoppmerkingen skal utføres på nytt eller skal entreprenør redusere slutt prisen. Vurderingen oftest baseres på hvor stor/viktig avvik fra den originale planen er.

Når oppmerkingen er ferdig vedlagt, skal entreprenør dokumentere oppmerkingens funksjonsnivå ved levering til byggherre. Kontrollmålingen utføres tidligst 14 dager etter påleggingsdato. I tillegg skal vegoppmerkingen kontrolleres hvert år gjennom garantiperioden. Alle målinger skal utføres i samsvar med gjeldende regelverk/metodebeskrivelse og dokumenteres. Parameterne og metode for kontroll skal oppfylle kravene fastsatt i regelverket dersom både kontroll og selve oppmerkingen skal godkjennes. Metode beskrivelse for kontroll av vegoppmerkingen finner man i europeiske normen ENV 13459-3 «Vegoppmerking, Kvalitetskontroll, del 3; Funksjonskontroll». Alternativt kan man bruke regelverket «Nordisk veiledning for funksjonskontroll av vegoppmerking» som har vært utarbeidet spesielt for nordiske lander i samsvar med normen ENV 13459-3.

4.11 Material krav

Ved innkjøp av vegoppmerkingen kan dette foregå på tre måter:

1. Rene funksjonskontrakter
2. Kjøp av vegoppmerkingens til enhet/pris med spesifikasjon av produkt
3. Enhet/pris- krav til funksjon

Dersom materialet skal brukes til oppmerking på offentlige vegnett må materialet ha spesielt sertifikat at materialet har vært testet i laboratoriet og godkjent av Vegdirektoratet. Ingen prøvningsrapport som brukes for å lage slik sertifikat kan være eldre enn 2 år. Det er materialets produsent som er ansvarlig for sertifikat merking av sine materialer. Materialet skal også komme med holdbarhets dokumentasjon som er dokumentasjon om hvor holdbar materialet er i en nordisk klimasone.

Når det gjelder vannbasert maling skal leverandør også oppgi tørketiden og beskrivelse av hvordan har dette vært dokumentert.

4.12 Miljø- og helsekrav

Vegoppmerkings material skal ikke inneholde tungmetaller, stoffer som man kan finne på «kreftslisten» eller andre materialer som kan klassifiseres som meget giftig eller giftig. Råvarer som er brukt til å lage oppmerkingen skal gi minst mulig negativ belastning på arbeidsmiljø ved produksjon og bruk. Vegmerkemaling skal inneholde maksimum 2% av VOC (Volatile Organic Compounds/ flyktige organiske forbindelser).

«Drop-on» glass som ofte benyttes ved oppmerking skal ikke inneholde mer en 200mg/kg av arsen. Dette gjelder også for andre materialer som brukes til å øke oppmerkingens friksjon og retrorefleksjon.

5 Metode

5.1 Valg av område

Valget av et arbeidssted knyttet til påføring av fotoluminescerende vannbasert maling er den første prioriteten. Den opprinnelige ideen var å bruke den eksisterende malingen til å lage markeringer på en offentlig vei med ADS under 1000 på grunn av egenskaper til vannbasert maling. Som det var nevnt tidligere så brukes vannbasert maling oftest på tette veier med ADS mellom 300 – 1000 i form av kantlinjer.

Det første trinnet var å merke opp kantlinjen på en kort veg strekning. Etter en samtale med intern veileder ble vi enige om et sted, som ble avsatt for den praktiske delen.



Figur 5. Satellitt bilde av området benyttet for oppmerking, hentet fra Google Maps.

Kort beskrivelse av dette territoriet er det stedet er ett privat område, som er en del av Bjørnsgård Skole på Østre Toten i Kapp. Området der arbeidet ble utført er avbildet i figur 5 i form av et satellittbilde takket være funksjonaliteten til Google Maps indikert med de hvite linjene. Området brukes i dag til parkering og utgang fra et privat hus / Bjørnsgård barnehage. Dette området har strukturen og utseendet til åpen gradert asfalt (OGFC).

5.2 Gjennomføring

Foreløpig besøkes dette stedet sjelden, så prosessen med å påføre den tidligere tilberedte malingen av oss gikk uten problemer med trafikken. Det forberedte malingsvolumet var nok til å fullføre arbeidet i form av en parkeringsplass i to lag for å få et kvalitetsarbeid. Den praktiske delen av arbeidet ble fullført ved hjelp av improviserte midler tilgjengelig for oss på den tiden uten bruk av spesialutstyr som brukes i slike tilfeller av entreprenørene og private bedrifter. I samsvar med kravet ble stedet rengjort før malingsarbeidet startet.



Figur 6. Tilberedt sted på territoriet til Bjørmsgård skole. Bildet tatt av Vladyslav Pankov.

Deretter ble den tilberedte malingen påført med improviserte midler som vist i Figur 7.

Det ble valgt et alternativ med 90° parkeringsplass. Grunnen er at *“90° parkering gir som oftest mest effektiv plassutnyttelse (lavest brutto arealbruk per bilplass ...”*⁸

⁸Håndbok N100 Veg- og gateutforming, 2019. Parkeringsplasser, side 85-86.

I samsvar med kravene som er foreskrevet i Håndbok N100 Veg- og gateutforming har bilparkeringsplass bredde på 2,50 meter og lengde på ca. 5 meter.



Figur 7. Ferdig malingsjobb. Bildet tatt av Vladyslav Pankov.

“Bredden på parkeringsfelt for personbil bør være 2,5 m når kjøretøy parkerer ved siden av hverandre ... Disse verdiene kan benyttes i forbindelse med vedlikehold av eksisterende anlegg. Lengden på feltet bør være 5 m.”⁹

⁹ Håndbok N100 Veg- og gateutforming, 2019. Parkeringsplasser, side 85-86.

5.3 Valg av maling

På grunn av mangel på spesifikk informasjon om nødvendige parametere for maling som oppfyller EUs kriterier, ble det valgt et alternativ som er tilgjengelig på markedet for kjøp av enkeltpersoner.

Valget falt på en fotoluminescerende maling fra den California-baserte produsenten Allureglow USA. Her er sitat fra deres nettside om seg selv:

Allureglow USA was founded on the premise of "Saving Lives and Making a Difference in Our World". Allureglow USA is a leader in both Photoluminescent (Glow in the Dark) and Reflective Technologies ... Allureglow USA Products are specified by Architects, Engineers and Municipalities around world. (Allureglows offisiell nettside, udatert)

Malingen vi har valgt er merket AA-6585-LMWG-QT, som er utviklet for å oppfylle de strengeste forskriftene angående flyktige organiske forbindelser (VOC)¹⁰. Denne malingen er basert på vannbårne 100% akrylemulsjoner, og som sådan har den eksepsjonell UV-motstand, værbestandighet og har utmerket fleksibilitet og hardhet som motstår sprekker eller riper i beleggene når de påføres riktig.



$$VOC_{coating} = 0.31 \text{ lbs/gal}$$

$$VOC_{material} = 37 \text{ g/L}$$

$$\text{Spesifikk tyngdekraft} = 1.3$$

Figur 8. AA-6585-LMWG-QT. Bildet hentet fra Allureglows USA nettside.

¹⁰ **Volatile organic compounds (VOC)**. Definisjonene av VOC som brukes for kontroll av forløpere for fotokjemisk smog som brukes av US Environmental Protection Agency og statlige etater i USA med uavhengige utendørs luftforurensningsregler, inkluderer unntak for VOC som er bestemt for å være ikke-reaktive, eller for lav reaktivitet i smogdannelsesprosessen. Fremtredende er VOC-forskriften utstedt av South Coast Air Quality Management District i California og av California Air Resources Board.

En VOC er en hvilken som helst forbindelse som inneholder karbon og deltar i atmosfæriske fotokjemiske reaksjoner. Mange forbindelser er VOC, og det er ingen endelig liste.

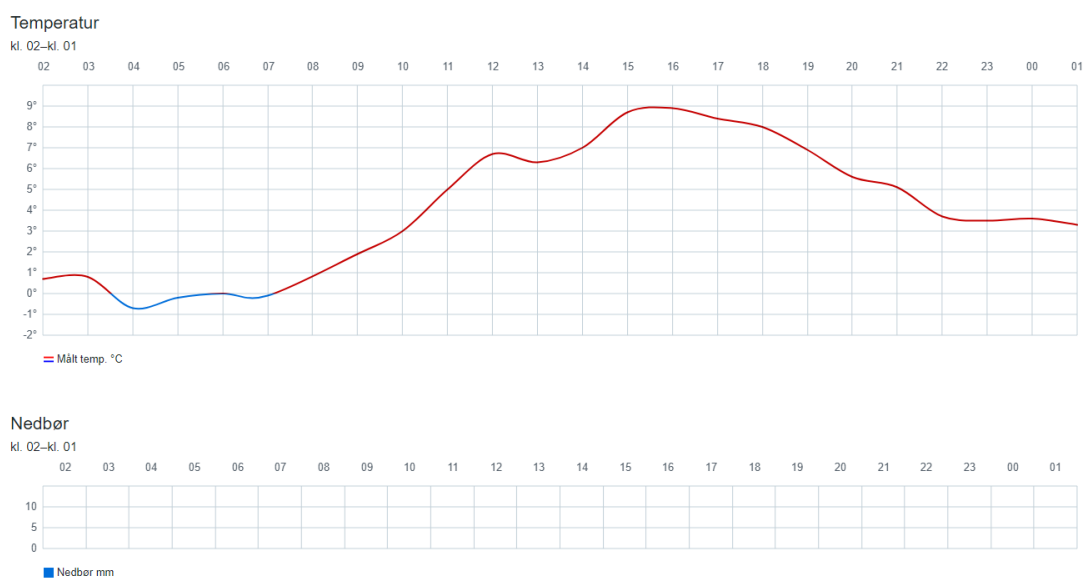
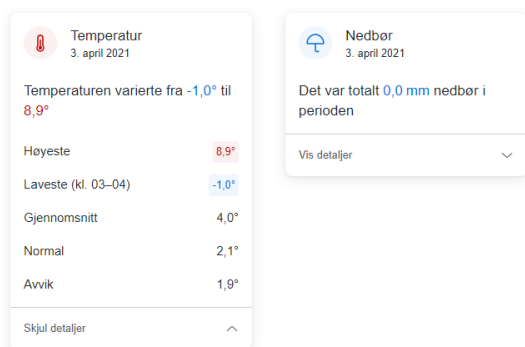
Generelt består belegg av harpikser (bindemidler), pigmenter, løsemidler, fortynningsmidler, reduksjonsmidler og tynner. Harpiks og pigment utgjør vanligvis den faste (ikke fordampende eller ikke-flyktige) delen av belegget. Omvendt kan den flyktige delen av belegget bestå av vann, løsemidler, fortynningsmidler, reduksjonsmidler og tynner. Disse forbindelsene fordamper under blanding, påføring og herding av belegget. De fleste løsemidler, fortynningsmidler og tynner er, eller inneholder, VOC.

Den enkleste måten å estimere VOC-utslipp fra en belegglinje på er å bruke massebalansetilnærmingen. Denne metoden forutsetter at alle flyktige stoffer, inkludert VOC-er som er i et bestemt belegg, slippes ut i luften. I hovedsak må det som går inn komme ut.

5.4 Værforhold ved maling

Ved gjennomføringen av oppmerking ifølge standarten skal man måle flere forhold slik at målingene som er tatt etter oppmerkingen er ferdig nedlagt blir mer presise og gir en konklusjon. Faktorene som skal måles og dokumenteres er: Temperatur luft, temperatur vegdekke, de generelle værforhold, tykkelsen av nedlagt oppmerkingen og av lengde prøvelinje sammen med fotoer av selve utleggingen. Vi utførte oppmerkingen den 03.04.2021. Faktorene for denne dagen er som følger:

- Luft temperatur i perioden av maling varierte mellom 5 - 7 °C
- Oppmerkingens tykkelse er ca. 2 mm
- Lengde av prøvelinje var 4.5 - 4.8 m med bredde ca. 10 cm
- Fullstendig fravær av nedbør
- Direkte kontakt av malingen med sollys gjennom hele arbeidet bidro til hurtig tørking.



Figur 9. Værforhold 03.04.2021. Bildet hentet fra yr.no.

5.5 Mulige feilkilder

Utførte arbeidet er i stor grad avhengig av den praktiske delen, derfor er det viktig å avklare mulige feilkilder som kan påvirke konklusjon.

Her er liste over de mulige feilkilder og årsaker til dem:

- Redusert kvalitet av materialet som ble brukt for oppmerkingen.
Årsaker: Feil ved produksjon eller transportering av materialet som reduserer materialets kvalitet.
- Redusert kvalitet av oppmerkingen
Årsaker: Feil ved gjennomføring av oppmerkingen, værforholdene som negativt

påvirka tørkende oppmerking, dust og smuss som blandet seg sammen med oppmerking enten ved tørking eller ved utførelse av oppmerking, ujevnt asfaltdekke, feil innenfor utstyret som ble brukt for oppmerkingen.

- Feil friksjon, luminans og retrorefleksjon verdiene
Årsaker: Misleste målinger eller/og feil ved utførelse av målinger, menneskelig feil.
- Feil med kilde bruk
Årsaker: feil i kilder brukt, feil ved litteratur søknad, misforståelse av informasjon fra kildene.

Som man kan se så er risikoen for menneskelige faktor er til stede og har en del påvirkning på oppgaven hvis den oppstår. Derfor vil:

- Dokumentasjon for materialet skal vedlegges i oppgaven.
- Oppmerkingen vil observeres en før, etter og mens den tørker
- Alle målingene ble utført av representant for SVV, Jan Rune Vilhelmsen

Oppgaven skal leses over og vurderes av NTNU's intern veileder, Ole Kristian Haug før bachelor oppgaven skal sendes til vurdering.

6 Resultater

6.1 Værforhold ved målinger

Under målingene var været solskinn. Lufttemperaturen under målinger var omtrent 12 ° C - 13 ° C i løpet av tidsintervallet fra 13:30 til rundt 14:00. RF var på rundt 34-35%. Alle ytelsesmålinger av R_L , Q_d og kromatiske farge koordinater ble utført på tørre markeringer. Før de faktiske målingene ble stripene vasket for å fjerne støv.



Figur 10. Etterligning av en våt markering. Bildet tatt av Jan Rune Vilhelmsen.

6.2 Lysstyrke i mørket

En viktig del av arbeidet var å finne ut hvor effektiv fotoluminescerende maling er om natten. Som man kan se, viser Figur 11 striper i form av en parkeringsplass i de mørkeste timene på dagen.

Lysstyrken i mørket for en gitt maling ble sterkt påvirket av tilstedeværelsen / fraværet av energikilder for akkumulering. De mest effektive kildene for akkumulering av energi er direkte sollys, fullt dagslys (ikke direkte sol), belysning fra lyktestolpe, belysning fra månen i klart vær, belysning fra forbipasserende biler, etc.

Denne malingen har vist sin effektivitet i mørket, hvor kantlinjene er godt synlige. Imidlertid gjenspeiler ikke fotografiet den fulle kvaliteten på det utførte arbeidet.

Det er også verdt å nevne at om sommeren er det umulig å måle effektiv arbeidstid på grunn av kortere nattetid, men produsenten hevder at effektiv tid varierer fra 6 til 8 timers arbeid. Et alternativ til å velge et sted med mer passende værforhold er å endre malingsens kjemiske komponent, nemlig å øke andelen av elementet som er ansvarlig for akkumulering av energi og for lysstyrke i mørket.



Figur 11. Lysstyrke i mørket. Bildet tatt av Vladyslav Pankov.

6.3 Instrumenter

Under arbeidet med å måle de nødvendige dataene ble verktøyer som Coralba PFT (Portable Friction Tester) og LTL – XL brukt. PFT er VTIs bærbare og hånddrevne friksjonsmålere,

utviklet for å bruke som en praktisk og repeterbar målemetode for friksjonsbestemmelse av veimerking.

PFT – instrumentet er nærmere beskrevet i Wälivaara (2007).



Figur 12. Coralba PFT. Bildet hentet fra Wälivaara (2007).

Instrumentet LTL 1000 er håndholdte retroreflektometre for fortaustripe som måler koeffisient for retroreflektert luminans (R_L), men også luminanskoeffisient under diffus belysning (Q_d). LTL 1000 retroreflektometer er optimalisert til europeiske krav fra Q_d , men er også populært i markeder i Asia, Sentral- og Sør-Amerika, Afrika og Oseania.

Både LTL 1000 og Coralba PFT er produsert i Danmark og samsvarer alle Europeiske standarder som måleutstyr for vegoppmerking.



Figur 13. LTL 1000. Bildet tatt av Airport Suppliers.

6.4 Mottatte verdier

Kravene til materialer for håndanvendelser inkluderer fire parametere for type I – markeringer¹¹, fem parametere for type II – markeringer¹² og tre parametere for antislipmaterialer, som er gitt i Tabell 12, mens Tabell 13 viser resultater som ble innhentet under malinger i tørr tilstand. Der vises gjennomsnittsverdiene oppnådd under målingene for hver linje 3 ganger for små områder.

Tabell 12. *Kravene til materialer for håndlagt oppmerking*

Egenskap	Hvite markeringer	Gjelder merketype	Antislip materialer
Koeffisient for retroreflektert luminans, $R_{L,v\ddot{a}t}$ [mcd/m ² /lx]	≥ 35	I, II	-
Koeffisient for retroreflektert luminans, $R_{L,t\ddot{o}rr}$ [mcd/m ² /lx]	≥ 200	II	-
Luminanskoeffisient under diffus belysning, Q_d [mcd/m ² /lx]	≥ 130	I, II	≥ 130
Friksjon, [PFT verdi]	≥ 0.65	I, II	≥ 0.71
Kromatiske koordinater x, y	*	I, II	*

* I henhold til NS-EN 1436: 2018

** Inkluderer både dagtid (klasse Y1) og nattetid-farge (klasse RCI), i henhold til NS-EN 1436: 2018.

Tabell 13. *Innhentet gjennomsnittsverdiene i tørr tilstand*

Egenskap	Hvite markeringer
Koeffisient for retroreflektert luminans, $R_{L,v\ddot{a}t}$ [mcd/m ² /lx]	-
Koeffisient for retroreflektert luminans, $R_{L,t\ddot{o}rr}$ [mcd/m ² /lx]	≥ 42
Luminanskoeffisient under diffus belysning, Q_d [mcd/m ² /lx]	≥ 201
Friksjon, [PFT verdi]	≥ 0.71

¹¹ Type I refererer til flate markeringer

¹² Type II refererer til markeringer med spesielle egenskaper som skal forbedre retrorefleksjonen i våte eller regnfulle forhold.

6.5 Mellomliggende data

Tabell 14 viser verdiene som er oppnådd ved bruk av Coralba PFT – utstyr. Som man kan se, varierer verdier som R_L , tørr og Q_d fra linje til linje. Dette skyldes den forskjellige lengden på det gjennomkjørte området, den ujevne påføring av maling på asfaltoverflaten. Ujevn påføring av maling på asfaltoverflaten skyldes mangel på nødvendige verktøy for slikt arbeid. Den største forskjellen er merkbar i den andre delen av de to linjene.

Tabell 14. Mellomliggende data

Venstre side		Høyre side	
R_L	Q_d	R_L	Q_d
41	210	36	215
43	187	42	204
45	194	45	196

Mangelen av drop-on-glass påvirket resultatene oppnådd med hensyn til retroreflektert luminans. Som et resultat, oppnådde verdier av R_L er under minimale kravene som presentert i Tabell 15.

Tabell 15. Ytelsesklasser for R_L i tørr tilstand

Klasse	Krav
R0	Ingen krav
R1	$R_L \geq 80 \text{ mcd} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{lx}^{-1}$
R2	$R_L \geq 100 \text{ mcd} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{lx}^{-1}$
R3	$R_L \geq 150 \text{ mcd} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{lx}^{-1}$
R4	$R_L \geq 200 \text{ mcd} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{lx}^{-1}$
R5	$R_L \geq 300 \text{ mcd} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{lx}^{-1}$

Verdiene for diffus lys luminansfaktor Q_d brukes i EN 1436 for å representere refleksjoner i dagslys eller veibelysning i samsvar med standardene presentert i Tabell 16.

Tabell 16. Ytelsesklasser for Q_d

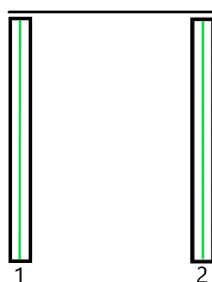
Klasse	Krav
Q0	Ingen krav
Q1	$Q_d \geq 80 \text{ mcd} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{lx}^{-1}$
Q2	$Q_d \geq 100 \text{ mcd} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{lx}^{-1}$
Q3	$Q_d \geq 130 \text{ mcd} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{lx}^{-1}$
Q4	$Q_d \geq 160 \text{ mcd} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{lx}^{-1}$
Q5	$Q_d \geq 200 \text{ mcd} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{lx}^{-1}$

Merk at ytelsesklassene gjelder bare for tørr tilstand. Q_d – verdier er generelt høyere for våte forhold enn for tørre forhold på grunn av en økning i speilrefleksjon. Dette gjelder både veibaner og vegmerking.

6.6 Friksjon etter målinger

Friksjonsmålinger ble utført ved hjelp av en bærbar friksjonstester versjon 4, PFT (Coralba, Sverige). For å oppnå detaljerte data ble hvert av stripene delt inn i 3 seksjoner. Målinger ble tatt langs midten av hver stripe som vist på Figur 14.

Alle resultatene er presentert i Tabell 17 av alle prøvene fra de stripene.



Figur 14. Måleområdene (grønne linjer) for friksjon.

I tilfelle det var noen hakk, ledd eller andre abnormiteter på merkingsflaten, ble måleområdet / linjen enten redusert eller flyttet noe, slik at ingen prøver ble tatt fra abnormiteten.

Friksjon ble målt på tørre markeringer. Friksjonsmålingene ble utført etter målingene av koeffisienten for retroreflektert luminans R_L , luminanskoeffisienten under diffus belysning Q_d og kromatiske koordinater.

Tabell 17. Mellomdata ved måling av friksjon

	μ_{\min}	μ	μ_{\max}	Avvik, β
HS	0.64	0.69	0.76	0.034
	0.58	0.66	0.72	0.036
	0.67	0.73	0.73	0.038
VS	0.66	0.71	0.76	0.024
	0.69	0.76	0.82	0.035
	-	0.73	-	-

* Komplette data ble ikke tilgjengelig.

6.7 Holdbarhet

Som nevnt tidligere brukes vannbasert maling på veier med ÅDT 300 – 1000 i form av kantlinjer. Det ble besluttet å gjøre en liten test for vurderingen av holdbarhet av denne malingen.

Figur 15 viser merkingens opprinnelige tilstand en måned etter at den ble påført asfalt.



Figur 15. Merkingens tilstand etter 1 måned. Bildet tatt av Vladyslav Pankov.

Merkingen har mistet noe av sin opprinnelige tilstand. Dette ble påvirket av den opprinnelige metoden for påføring av maling, eksterne faktorer som værnedbør, kontakt med støv på grunn av valg av området.

Figur 16 viser tilstanden til merkingen etter at kjøretøyet har kjørt 150 ganger på tvers. Uten spesialverktøy er det vanskelig å se graden av skade med bare øyet.



Figur 16. Merking etter at kjøretøyet har kjørt 150 ganger. Bildet tatt av Vladyslav Pankov

7 Diskusjon

I dette kapitlet vil diskuteres materials egenskaper, kostnader, generelt om HMS og bruksområder, som kan allerede anbefales for materialet. Hver av disse temaene vil diskuteres med tanke på fordeler, ulemper og utfordringer ved gjennomføring/innføring.

7.1 Materials egenskaper

I løpet av det utførte arbeidet kan det konkluderes med at materialet oppfyller eller overstiger de fleste europeiske kravene om friksjon og luminanskoeffisient. I tilfelle av den reflekterende luminanskoeffisienten, er det verdt å ta hensyn til mangel av en viktig komponent som drop-on-glass – materialet som brukes for å øke retrorefleksjon. Som et resultat av dette så er verdien til denne parameteren lavere enn minimumskrav. De viktigste parameterne som oppnås under målinger er luminanskoeffisient under diffus belysning, Q_d og koeffisient for retroreflektert luminans, R_L i tørr tilstand.

Den gjennomsnittlige resulterende verdien for Luminanskoeffisient under diffus belysning, Q_d har verdi på 201, som tilsvarer NS – klasse Q5 $\geq 200 \text{ mcd}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{lx}^{-1}$ i henhold til NS – EN 1436 for hvit oppmerking på asfaltdekke.

I tilfelle av den reflekterende luminanskoeffisienten R_L , er det som nevnt tidligere en viktig komponent manglet som øker refleksiviteten, så gjennomsnittsverdien uten bruk av drop-on-glass er ≥ 42 ved håndlaget oppmerking. Denne verdien tilsvarer ikke minimumskrav ved håndlaget oppmerking på $\geq 100 \text{ mcd}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{lx}^{-1}$ i ny tilstand (etter 14 dager). I tillegg har malingen en spesifikk trekk i form av absorpsjon av lys, noe som er karakteristisk for fotoluminescerende maling. Som et resultat av dette vil verdiene for retroreflektert luminans vil være lavere. I dette tilfellet er det behov for å vedta / opprette nye krav når det gjelder bruk av vannbaserte maling med fotoluminescerende egenskaper for vegoppmerking i Norge. I seg selv er ikke dette problematisk, siden man kan legge til nødvendige mengden av drop-on-glass for å tilfredsstille kravene. I tillegg vil oppmerkingen lyset i mørket som vil delta til hvor synlig oppmerkingen er i mørket. På en slik måte vil fotoluminescerende malings egenskapene kompensere for et lavt R_L – verdi, som brukes hovedsakelig for å måle hvor

synlig er vegoppmerkingen i mørket ved kontakt med lyskilde. Samtidig betyr dette at hvis oppmerkingen på en eller annen grunn ikke fikk absorbere nok lys så vil ikke den lyse i mørket like lenge. Dette kan være viktig ved nødsituasjoner hvor man ikke har tilgang til stabilt lys over lengre tidsperioder. For eksempel i tunneller eller i vintersesongen, når mørket råder.

Friksjonskravene overskredet betydelig minimumskravene i henhold til HB R310. Under målingene ble resultatene oppnådd i PFT – verdier. Den gjennomsnittlige PFT – verdien som er regnet ut av alle målingene er 0,71. I dette tilfellet tilsvarer PFT - verdien på 0,71 en verdi på 65 (NS-klasse S5 for håndlagt oppmerking) for SRT – verdi.

Fotoluminescerende egenskaper eller med andre ord lysstyrken, som ble akkumulert på grunn av absorpsjon av energi fra lyskilder på dagtid reduseres over tid i mørket. En reduksjon i lysstyrke med det blotte øye kan allerede sees etter 4 timers drift med tilstrekkelig akkumulert energi i løpet av dagen. Den totale arbeidstiden, eller med andre ord, varigheten av malingens glød i mørket er opptil 6 timer i vårt tilfelle ved håndlagt oppmerking på asfaltdekke.

Produsenten, Allureglow USA, hevder at den standardiserte glødetiden for maling i mørket er opptil 8 timer. Det er verdt å merke seg at om vintertiden vil oppmerkingen ha mindre kontakt med lys på grunn av snø, is og generelle værforhold. Derfor vil fotoluminescerende oppmerking ha redusert effektivitet i områder med hardt klima eller langvarig mørke om dagen.

7.2 Kostnader

En stor ulempe med materialet i dette øyeblikk er kostnader. Materialet er relativt nytt og er lite brukt i Europa. Dette er noe som kan være spesielt problematisk for entreprenørene. I Norge så finnes det ingen bedrifter/entreprenører som produserer fotoluminescerende maling. Det vil si at hvis SVV skal bestille markeringen av en veg med fotoluminescerende maling vil kostnadene allerede være større enn de er for vanlig vann basert oppmerking på grunn av import kostnader. Videre fordi materialet er lite brukt i Norge betyr dette at entreprenør ha intet spesielt utstyr for fotoluminescerende maling og må bruke utstyret som brukes til vanlig vannbasert oppmerking vi har i Norge. Dette vil føre til at utstyret må spesielt renses etter oppmerkingsprosessen slik at fotoluminescerende maling ikke blander seg sammen med en annen vannbasert maling. Dette gjøres fordi hvis slik blanding oppstår så vil materialer

påvirke hverandre å danne blanding med ukjente egenskaper. Slik spesial rensing vil øke kostnadene.

En helt annet faktor er selve material kostnadene. I Norge og Europa generelt er informasjon om material kostnader sammen med informasjon om generelle kostnadene som inngår i vegoppmerkings prosess konfidensielt. Derfor måtte vi be informasjon om materialkostnader fra SVV. Denne informasjonen brukes for å etablere et referansepunkt som skal sammenlignes med materialkostnader for fotoluminescerende maling.

For å finne pris av fotoluminescerende maling må vi bruke utførte parkerings striper som referanse. Hver linje er 4.5 – 4.8 meter langt og 0.1 meter bredde. Dette gir areal ca. 0.9 m² totalt. Pris på 1 liter av «AA-6585-LMWG-QT Photoluminescent/Glow in the dark road & Line marking white paint quart» som vi brukte for praktiske delen av oppgaven er 85 US dollars eller ca. 701 kr (8.26 norsk kr. per dollar US, informasjon er hentet den 13.05.2021). Det er verdt å være oppmerksom på det faktum at 1 liter maling var nok til ca. 0,9 m² i to lag. Dobbel lag ble gjort for bedre kvalitet på utførte arbeidet. Følgelig tilsvarer den oppgitte prisen på 701 kroner ca. 2 m² eller cirka 305 kroner per 1 m².

Tabell 18 vil vise sammenligning av den økonomiske delen mellom vannbasert maling, som brukes i Norge og fotoluminescerende maling som var bestilt fra USA. For å sammenligne den økonomiske verdien av to typer maling, både vannbasert og fotoluminescerende maling, la oss bruke et eksempel på en kostnad for å dekke et område på 1,000 m². Vi brukte økonomiske data for vannbasert maling fra vår eksterne leder Bjørn Ivar Skaar for inneværende år – 2021.

Tabell 18. Sammenligning av priser til malinger

	Areal, (m ²)	Bredde, (m)	Volum, (liter)	Pris (kr. pr. lm)	Pris (kr. pr. m ²)	Total pris for 1000 m ² , (kr)
Vannbasert maling	-	0.1	-	2	20	20,000
Fotoluminescerende maling	1	0.1	1	30.5	305	305,000

De resulterende verdiene er generelt ikke helt pålitelige, siden vi ikke har tilgang til slik konfidensiell informasjon, men til en viss grad kan vise tilnærmet økonomiske verdier.

Som man kan få se prisen for malingen vi bestilte er betydelig høyere enn prisen for vannbasert malingen som brukes i dag, men her er det viktig å omtale noe ting:

1. Vi er studenter med lite praktisk erfaring når det gjelder vegoppmerking. En stor del av selve oppmerkings prosessen improviseres.
2. Vi hadde ikke tilgang til utstyr som brukes i industrien i dag. Utstyret eid av entreprenørene som aktivt driver med vegoppmerking er flere ganger mer effektivt enn alternativer vi brukte. Dette gjelder både tiden tatt for oppmerkingen og maling forbruk.
3. Alle har tilgang til materialet vi bestilte. Dette er en av hovedgrunner for vårt material valg. Men dette betyr ikke at Allureglow USA er eneste som produserer et slikt materiale. Det finnes flere entreprenører/bedrifter som produserer lignende produkter. Det var umulig for oss å få kontakt med dem, men det er ganske stor sjanse for at de vil jobbe med en offisiell bedrift som skal bestille produktet. Dette kan åpne mulighet for å få malingen billigere.

Ut fra dette så kan vi anta at rent material kostnad for luminescerende maling vil ligge godt under 85 US dollar.

Per i dag så er det umulig å gjennomføre fullt LCA analyse på grunn av begrenset tidsrammer for denne oppgaven og konfidensiell informasjon. Likevel, en måned samt med gjennomført holdbarhet testen så var ikke det observert noe skader på selve oppmerkingen. Derfor er det umulig å nøyaktig estimere kostnadene for reparasjon av oppmerkingen.

Det kan også vurderes de økonomiske kostnadene med hensyn til installasjon og vedlikehold av belysning. Til sammenligning, blir brukt informasjon om kostnadene ved å bygge vanlig veibelysning som lyktestolpe og vedlikehold ble beskrevet av Alena Høye (2014). Merk at for tiden kan tallene variere i stor grad til siden av enda høyere kostnader.

Anleggskostnaden for vegbelysning er i 2009 estimert til ca. 450.000 kr. per km veg. Årlig drifts- og vedlikeholdskostnad til vegbelysning er 11.000-40.000 kr per km veg, avhengig av anleggets standard. I 2014 er anleggskostnaden for vegbelysning på motorveg estimert til ca. 1,25 mill. kr. per km veg (inkl. mva.). Årlig drifts- og vedlikeholdskostnad til vegbelysning er estimert til 100.000 kr per km veg (inkl. mva.), avhengig av anleggets standard. (Alena Høye, 2014)

Informasjon om lignende økonomiske kostnader for vannbasert maling, som bør ha identiske verdier samt fotoluminescerende maling for omtrentlige beregninger av transport, drift- og vedlikehold er ikke offentlig tilgjengelig. I motsetning til konvensjonell veibelysning vil vedlikehold ved bruk av fotoluminescerende maling inkludere påføring av glassperler samt fornyelse av malingslag, som må være billigere til en betydelig grad sammenlignet med vedlikehold og installasjon av nye lyktestolper.

7.3 HMS

Generelle sikkerhets tiltakene for luminescerende maling er nesten de samme som for vanlig vannbasert maling. Man skal alltid:

- Ha på seg maske
- Ha på seg sikkerhets briller
- Holde holdbart utstyr hardt
- Ikke sprøyte over plante liv/mennesker
- Bruke skilter/ kjegler for å informere folk om at område var oppmerket

Selv om materialet må testes mer før offentlig bruk fra vår side ble det ikke lagt merke til noen alvorlige faktorer som påvirket miljøet. Ifølge «Safety data sheet» vi fikk med materialet så inneholder ikke den noe giftige eller farlige materialer. Koke punktet ligger rundt 100 °C og malingens VOC (Volatile Organic Compound) verdi er 0,31 Lb/Gl. Ifølge samme dokumentet så er materialet ganske stabil og er lite helseskadelig. Dette sammen med kjemisk sammensetning av materialet bør testes i laboratoriet for å komme til klart konklusjon. Det ble ikke utført noe laboratoriet arbeid som en del av denne bachelor oppgave og derfor ikke gis grunnleggende konklusjon når det gjelder denne tema. Kopi av teknisk informasjon om materialet vedlegges i Vedlegg 3 Fotoluminescerende maling produkt informasjon.

7.4 Anbefalte bruksområder

Ut fra observerte resultater så er det mulig å anbefale flere potensielle bruksområder. Først og fremst kan materialet anbefales for bruk på vegene med lite synbarhet/belysning om natten og mye naturlig lys om dagen. Materialet kan, med relativt høy effektivitet brukes som en type belysning/lederlinje i områder der det er vanskelig eller kostbart til å etablere kunstig belysning. For eksempel veiene som går på side av fjell der det er vanskelig å utføre noe arbeid med belysning. I dag så finnes mange slike veier over hele Norge, nemlig i Vestlandet der det ikke virkelig mulig å øke vegens synbarhet om natten. Fotoluminescerende vegoppmerking passer perfekt for slike plasser og vil øke kraftig synbarhet i mørket.

Et annet mulig bruksområdet er leders linje for synshemmede mennesker eller folk med funksjonsnedsettelse. Dette er litt mer generelt bruksområde, med litt større tanke på universell utforming. Likevel kan slike linjer brukes på offentlige steder for å gi bedre oversikt over vegbane til folk med funksjonsnedsettelse. Dette kan være svært viktig for områder rundt skole, universitet, sykehus, sykehjem og andre offentlige bygg som blir besøkt daglig. På slike områder er det spesielt viktig å ha lett lesbar vegbane for å unngå ulykker og fotoluminescerende vegoppmerking kan bidra til dette.

Fotoluminescerende advarselsskilt og linjemarkering, kan brukes i bygninger, industrianlegg og parkeringsplasser for å hjelpe folk når elektriske lys og reservebatterier svikter.

I et veimiljø kan man utvikle advarselsskilt som både lyser og reflekterer - slik at de avgir sitt eget lagrede lys, men også reflekterer frontlykter som vanlige veiskilt. Dette vil bidra til å økt trafikk sikkerhet ved å øke synbarhet til kant/midt linjer på veien. Materialet kan også benyttes for symboler og tekst på vegen. Om natten vil dette oppnå høy kontrast mellom vanlig hvitt/gul oppmerking og fotoluminescerende grønn/blå oppmerking. Denne kontrasten kan brukes til å styre fokuset til trafikanter og styre vegbane på denne måte.

8 Konklusjon

Etter å ha utført oppmerking på stedet og fått måle de forskjellige parameterne ved hjelp av SVV så kan man komme til flere konklusjoner når det gjelder fotoluminescerende vegoppmerking. Materialets evne til å produsere lys er et kraftig middel som kan brukes til å oppnå flere mål samtidig, men det finnes også en del ulemper med materialet.

Det er for mange faktorer som er ukjent eller ikke 100% testet på grunn av ressurs og tids begrensninger. Dette gjelder for eksempel holdbarhet. Selv om vi har gjennomført en liten holdbarhetstest og dokumentert hvor sterkt oppmerkingen har endret seg etter 1 måned etter påføring av maling på asfaltdekket, så må materialet testes mer både i laboratorium og i praktiske forhold, hvis den skal brukes på offentlige veier. Lignende situasjon oppstår når det gjelder miljøvennlighet. Enhver sterk innflytelse på miljøet, i vårt tilfelle på det nærliggende gresset, ble ikke gjengitt med det blotte øye. Ifølge dokumentasjon som var fått med materialet så inneholder ikke fotoluminescerende maling noe giftige rå materialer som kan skade miljø eller mennesker. Lignende materiale må testes i laboratorier før man kan komme til endelig konklusjon når det gjelder disse tema.

Det som er beskrevet ovenfor er hoved ulempene, men noe vi vet vil være veldig uattraktivt for både entreprenørene og for kunder, som bestiller arbeid fra entreprenørene er kostnader. Uten å vite noe konkrete tall så kan man lett estimere at det blir mer kostbart å bruke fotoluminescerende maling istedenfor vanlig vannbasert maling som brukes i dag. Dette skyldes på import kostnader som gjelder hvis entreprenør skal bestille materialet fra utlandet, ekstra utstyr som kanskje må kjøpes for å bruke det nye materialet på en effektiv måte og spesial rensing for utstyret, som brukes for oppmerkingen med andre materialer. Fotoluminescerende maling inneholder flere komponenter, som igjen øker priskategorien sammenlignet med konvensjonell vannbasert merking.

Samtidig så tilfredsstillende materialet de fleste Europeiske kravene til vegoppmerking. Den eneste parameter som er for lavt er retrorefleksjon, men den kompenseres ved hjelp av drop-on-glass materialer som påføres eller blandes sammen med oppmerkingen for å øke friksjon og retrorefleksjon.

Likevel så kan material egenskapene til fotoluminescerende maling brukes i mange forskjellige veier både indre (ledelinjer i bygninger under nødsituasjoner) og ytre områder (vegbane). Materialet har stort potensial for bruk spesielt i områder hvor det er vanskelig å etablere en type veg belysning system eller i områder rundt offentlige bygg. Det er opp til entreprenør som skal benytte materialet til å bestemme hvordan den skal brukes på mest effektive måte, men man kan oppnå spesielt høy grad av effektivitet ved å bruke materialet på en slik måte.

For å oppnå full erstatning av tradisjonell belysnings systemer må lysstyrke til malingen økes. Likevel ut fra observerte resultater så kan malingen allerede begynne å integreres i flere fagområder.

Litteraturliste

Alena Høye, TØI. (2014). Beskrivelser av trafikksikkerhetstiltak og virkninger.

Vegbelysning. Kostnader. Tilgjengelig fra:

<https://www.tshandbok.no/del-2/1-vegutforming-og-vegutstyr/doc634/>

Cafiso, S., and C. D'Agostino. (2016). Assessing the stochastic variability of the benefit-cost ratio in roadway safety management. Tilgjengelig fra:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0001457516301348?via%3Dihub>

EN 1423. Road marking materials. Drop on materials. Glass beads, antiskid aggregates and mixtures of the two.

EN 1436. European Standard for Road Markings.

http://www.highwaymarkings.ie/documents/is_en_1436_1.pdf

FNs bærekraftsmål (2021).

<https://www.fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal>

Johansen T. C., Fors C. (2020) Nordic certification of road marking materials in Iceland, Norway and Sweden (2018-2020). Tilgjengelig fra:

<http://www.nordiccert.com/wp-content/uploads/2020/11/NordicCert-Certification-Iceland-Norway-Sweden-2020.pdf>

Lærebok vegoppmerking. (2019) Anbefalinger og råd om utførelse av vegoppmerking. STATENS VEGVESENS RAPPORTER Nr. 452

M. Abrams (2015). Glowing the Road. Tilgjengelig fra:

<https://www.asme.org/topics-resources/content/glowing-the-roads>

Statens vegvesen (2013). Rapport fra prøvefelt for vegoppmerking (2010 – 2013), fv. 40 ved Kvelde i Vestfold – Region sør. Tilgjengelig fra:

<https://vegvesen.brage.unit.no/vegvesen-xmlui/handle/11250/2658094>

Statens vegvesen (2011). Håndbok R310. Trafikksikkerhetsutstyr. Tekniske krav. Tilgjengelig fra:

https://www.vegvesen.no/_attachment/61425/binary/1062406?fast_title=Håndbok+R310+Trafikksikkerhetsutstyr.pdf

Statens vegvesen (2015). Håndbok N302. Vegoppmerking. Tekniske bestemmelser og retningslinjer for anvendelse og utforming. Tilgjengelig fra:

https://www.vegvesen.no/_attachment/69741/binary/1081797

Statens vegvesen (2019). Håndbok N100. Veg- og gateutforming. Tilgjengelig fra:

https://www.vegvesen.no/_attachment/61414

Statens vegvesen (udatert). Tekniske beskrivelse for utførelse av vegoppmerking. Tilgjengelig fra:

<https://www.vegvesen.no/s/bransjekontakt/Funksjonskontrakt/rundskriv%20pdf/Teknisk%20beskrivelse%20for%20utførelse%20av%20vegoppmerking.pdf>

Sørensen, K. (2011). Performance of road markings and road surfaces. Tilgjengelig fra:

<https://nmfv.dk/wp-content/uploads/2012/03/Performance-of-road-markings-and-road-surfaces.pdf>

U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration. (2005) Volume XI Enhanced Night Visibility Series Phase II-Cost-Benefit Analysis. Research, Development, and Technology Turner-Fairbank Highway Research Center

Wälivaara, B. (2007). Validering av VTI-PFT version 4: mätningar på plana och profilerade vägmarkeringar. VTI notat 16-2007. Tilgjengelig fra:

<http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:670355/FULLTEXT01.pdf>

Xu Ling, Chen Zixuan, Li Xianrui, Xiao Feipeng. (2021). Performance, Environmental Impact and Cost Analysis of Marking Materials in Pavement Engineering, The-State-of-Art. Journal of Cleaner Production.

Vedlegg

Veglegg 1. Standardavtale



Fastsatt av Rektor 20.01.2012

STANDARDAVTALE

om utføring av masteroppgave/prosjektoppgave (oppgave) i samarbeid med bedrift/ekstern virksomhet (bedrift).

Avtalen er ufravikelig for studentoppgaver ved NTNU som utføres i samarbeid med bedrift.

Partene har ansvar for å klarere eventuelle immaterielle rettigheter som tredjeperson (som ikke er part i avtalen) kan ha til prosjektbakgrunn før bruk i forbindelse med utførelse av oppgaven.

Avtale mellom

Student: Ole Kristian Pankov født: 04.01.1997

Veileder ved NTNU: Ole Kristian Haug

Bedrift/ekstern virksomhet:

og

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU) v/instituttleder

om bruk og utnyttelse av resultater fra masteroppgave/prosjektoppgave.

1. Utførelse av oppgave

Studenten skal utføre

Masteroppgave	<input type="checkbox"/>
Prosjektoppgave	<input checked="" type="checkbox"/>

(sett kryss)

i samarbeid med

Statens Vegvesen - Vegdirektoratet
bedrift/ekstern virksomhet

NTNU 2012-01-20

01. 02. 2020 – 20. 05. 2021

startdato – sluttdato

Opgavens tittel er:

Hvor bærekraftig er foto-luminescenserte maling ved bruk på veg for markering og belysning?

Ansvarlig veileder ved NTNU har det overordnede faglige ansvaret for utforming og godkjenning av prosjektbeskrivelse og studentens læring.

2. Bedriftens plikter

Bedriften skal stille med en kontaktperson som har nødvendig veiledningskompetanse og gi studenten tilstrekkelig veiledning i samarbeid med veileder ved NTNU. Bedriftens kontaktperson er:

Bjørn Skaar

Formålet med oppgaven er studentarbeid. Oppgaven utføres som ledd i studiet, og studenten skal ikke motta lønn eller lignende godtgjørelse fra bedriften. Bedriften skal dekke følgende utgifter knyttet til utførelse av oppgaven:

Innkjøp av maling og sprøytepistol

3. Partenes rettigheter

a) Studenten

Studenten har opphavsrett til oppgaven. Alle immaterielle rettigheter til resultater av oppgaven skapt av studenten alene gjennom oppgavearbeidet, eies av studenten med de reserverasjoner som følger av punktene b) og c) nedenfor.

Studenten har rett til å inngå egen avtale med NTNU om publisering av sin oppgave i NTNUs institusjonelle arkiv på internett. Studenten har også rett til å publisere oppgaven eller deler av den i andre sammenhenger dersom det ikke i denne avtalen er avtalt begrensninger i adgangen til å publisere, jf punkt 4.

b) Bedriften

Der oppgaven bygger på, eller videreutvikler materiale og/eller metoder (prosjektbakgrunn) som eies av bedriften, eies prosjektbakgrunnen fortsatt av bedriften. Eventuell utnyttelse av videreutviklingen, som inkluderer prosjektbakgrunnen, forutsetter at det inngås egen avtale om dette mellom student og bedrift.

Bedriften skal ha rett til å benytte resultatene av oppgaven i egen virksomhet dersom utnyttelsen faller innenfor bedriftens virksomhetsområde. Dette skal fortolkes i samsvar med begrepets innhold i Arbeidstakeropphinnelsesloven¹ § 4. Retten er ikke-eksklusiv.

Bruk av resultatet av oppgaven utenfor bedriften sitt virksomhetsområde, jf avsnittet ovenfor, forutsetter at det inngås egen avtale mellom studenten og bedriften. Avtale mellom bedrift og student om rettigheter til oppgaveresultater som er skapt av studenten, skal inngås skriftlig og er ikke gyldig inngått før NTNU har mottatt skriftlig gjenpart av avtalen.

Dersom verdien av bruken av resultatene av oppgaven er betydelig, dvs overstiger NOK 100.000 (kommentert i veiledningen² til avtalen), er studenten berettiget til et rimelig vederlag. Arbeidstakeropphinnelsesloven § 7 gis anvendelse på vederlagsberegningen. Denne vederlagsretten gjelder også for ikke-patenterbare resultater. Fristbestemmelsene i § 7 gis tilsvarende anvendelse.

c) NTNU

De innleverte eksemplarer/filer av oppgaven med vedlegg, som er nødvendig for sensur og arkivering ved NTNU, tilhører NTNU. NTNU får en vederlagsfri bruksrett til resultatene av oppgaven, inkludert vedlegg til denne, og kan benytte dette til undervisnings- og forskningsformål med de eventuelle begrensninger som fremgår i punkt 4.

4. Utsatt offentliggjøring

Hovedregelen er at studentoppgaver skal være offentlige. I særlige tilfeller kan partene bli enig om at hele eller deler av oppgaven skal være undergitt utsatt offentliggjøring i maksimalt 3 år, dvs. ikke tilgjengelig for andre enn student og bedrift i denne perioden.

Opgaven skal være undergitt utsatt offentliggjøring i

ett år	
to år	
tre år	

(sett kryss bak antall år hvis dette punktet er aktuelt)

Behovet for utsatt offentliggjøring er begrunnet ut fra følgende:

De delene av oppgaven som ikke er undergitt utsatt offentliggjøring, kan publiseres i NTNUs institusjonelle arkiv, jf punkt 3 a), andre avsnitt.

¹ Lov av 17. april 1970 om retten til oppfinnelser som er gjort av arbeidstakere
<http://www.lovdata.no/all/hl-19700417-021.html>

² Veiledning til NTNUs standardavtale om masteroppgave/prosjektoppgave i samarbeid med bedrift
<http://www.ntnu.no/studier/standardavtaler>

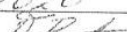
Selv om oppgaven er undergitt utsatt offentliggjøring, skal bedriften legge til rette for at studenten kan benytte hele eller deler av oppgaven i forbindelse med jobbsøknader samt videreføring i et doktorgradsarbeid.

5. Generelt

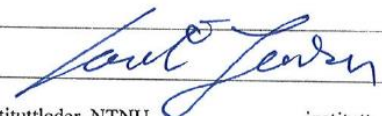
Denne avtalen skal ha gyldighet foran andre avtaler som er eller blir opprettet mellom to av partene som er nevnt ovenfor. Dersom student og bedrift skal inngå avtale om konfidensialitet om det som studenten får kjennskap til i bedriften, skal NTNUs standardmal for konfidensialitetsavtale benyttes. Eventuell avtale om dette skal vedlegges denne avtalen.

Eventuell uenighet som følge av denne avtalen skal søkes løst ved forhandlinger. Hvis dette ikke fører frem, er partene enige om at tvisten avgjøres ved voldgift i henhold til norsk lov. Tvisten avgjøres av sorenkriveren ved Sør-Trøndelag tingrett eller den han/hun oppnevner.

Denne avtale er underskrevet i 4 - fire - eksemplarer hvor partene skal ha hvert sitt eksemplar. Avtalen er gyldig når den er godkjent og underskrevet av NTNU v/instituttleder.

Gjøvik, 03/03/2021
sted, dato student 

Gjøvik, 3. mars 2021 Ole Kristian Haug
sted, dato veileder ved NTNU

11/3-2021 
sted, dato instituttleder, NTNU institutt

Drammen 12/3-21  Bjørn Skaar
sted, dato for bedriften/institusjonen stempel og signatur



Fastsatt av Rektor 20.01.2012

STANDARDAVTALE

om utføring av masteroppgave/prosjektoppgave (oppgave) i samarbeid med bedrift/ekstern virksomhet (bedrift).

Avtalen er ufravikelig for studentoppgaver ved NTNU som utføres i samarbeid med bedrift.

Partene har ansvar for å klarere eventuelle immaterielle rettigheter som tredjeperson (som ikke er part i avtalen) kan ha til prosjektbakgrunn før bruk i forbindelse med utførelse av oppgaven.

Avtale mellom

Student: Adhijil Petru født: 02.09.1994

Veileder ved NTNU: OLE KRISTIAN HAUG

Bedrift/ekstern virksomhet:

og

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU) v/instituttleder

om bruk og utnyttelse av resultater fra masteroppgave/prosjektoppgave.

1. Utførelse av oppgave

Studenten skal utføre

Masteroppgave	
Prosjektoppgave	<input checked="" type="checkbox"/>

(sett kryss)

i samarbeid med

Statens vegvesen - Vegdirektoratet

bedrift/ekstern virksomhet

NTNU 2012-01-20

01.01.2021 - 20.04.2021

startdato – sluttdato

Opgavens tittel er:

Hvor berekraftig er fotoanalytiske måling ved bruk på veg for markering og registrering?

Ansvarlig veileder ved NTNU har det overordnede faglige ansvaret for utforming og godkjenning av prosjektbeskrivelse og studentens læring.

2. Bedriftens plikter

Bedriften skal stille med en kontaktperson som har nødvendig veiledningskompetanse og gi studenten tilstrekkelig veiledning i samarbeid med veileder ved NTNU. Bedriftens kontaktperson er:

BJØRN SKAAR

Formålet med oppgaven er studentarbeid. Oppgaven utføres som ledd i studiet, og studenten skal ikke motta lønn eller lignende godtgjørelse fra bedriften. Bedriften skal dekke følgende utgifter knyttet til utførelse av oppgaven:

Innkjøp av maling og sprøytepistol

3. Partenes rettigheter

a) Studenten

Studenten har opphavsrett til oppgaven. Alle immaterielle rettigheter til resultater av oppgaven skapt av studenten alene gjennom oppgavearbeidet, eies av studenten med de reservasjoner som følger av punktene b) og c) nedenfor.

Studenten har rett til å inngå egen avtale med NTNU om publisering av sin oppgave i NTNUs institusjonelle arkiv på internet. Studenten har også rett til å publisere oppgaven eller deler av den i andre sammenhenger dersom det ikke i denne avtalen er avtalt begrensninger i adgangen til å publisere, jf punkt 4.

b) Bedriften

Der oppgaven bygger på, eller videreutvikler materiale og/eller metoder (prosjektbakgrunn) som eies av bedriften, eies prosjektbakgrunnen fortsatt av bedriften. Eventuell utnyttelse av videreutviklingen, som inkluderer prosjektbakgrunnen, forutsetter at det inngås egen avtale om dette mellom student og bedrift.

Bedriften skal ha rett til å benytte resultatene av oppgaven i egen virksomhet dersom utnyttelsen faller innenfor bedriftens virksomhetsområde. Dette skal fortolkes i samsvar med begrepets innhold i Arbeidstakeropphinnelsesloven¹ § 4. Retten er ikke-eksklusiv.

Bruk av resultatet av oppgaven utenfor bedriften sitt virksomhetsområde, jf avsnittet ovenfor, forutsetter at det inngås egen avtale mellom studenten og bedriften. Avtale mellom bedrift og student om rettigheter til oppgaveresultater som er skapt av studenten, skal inngås skriftlig og er ikke gyldig inngått før NTNU har mottatt skriftlig gjenpart av avtalen.

Dersom verdien av bruken av resultatene av oppgaven er betydelig, dvs overstiger NOK 100.000 (kommentert i veiledningen² til avtalen), er studenten berettiget til et rimelig vederlag. Arbeidstakeropphinnelsesloven § 7 gis anvendelse på vederlagsberegningen. Denne vederlagsretten gjelder også for ikke-patenterbare resultater. Fristbestemmelsene i § 7 gis tilsvarende anvendelse.

c) NTNU

De innleverte eksemplarer/filer av oppgaven med vedlegg, som er nødvendig for sensur og arkivering ved NTNU, tilhører NTNU. NTNU får en vederlagsfri bruksrett til resultatene av oppgaven, inkludert vedlegg til denne, og kan benytte dette til undervisnings- og forskningsformål med de eventuelle begrensninger som fremgår i punkt 4.

4. Utsatt offentliggjøring

Hovedregelen er at studentoppgaver skal være offentlige. I særlige tilfeller kan partene bli enig om at hele eller deler av oppgaven skal være undergitt utsatt offentliggjøring i maksimalt 3 år, dvs. ikke tilgjengelig for andre enn student og bedrift i denne perioden.

Opgaven skal være undergitt utsatt offentliggjøring i

ett år	
to år	
tre år	

(sett kryss bak antall år hvis dette punktet er aktuelt)

Behovet for utsatt offentliggjøring er begrunnet ut fra følgende:

De delene av oppgaven som ikke er undergitt utsatt offentliggjøring, kan publiseres i NTNUs institusjonelle arkiv, jf punkt 3 a), andre avsnitt.

¹ Lov av 17. april 1970 om retten til oppfinnelser som er gjort av arbeidstakere
<http://www.lovdata.no/all/lil-19700417-021.html>

² Veiledning til NTNUs standardavtale om masteroppgave/prosjektoppgave i samarbeid med bedrift
<http://www.ntnu.no/studier/standardavtaler>

Selv om oppgaven er undergitt utsatt offentliggjøring, skal bedriften legge til rette for at studenten kan benytte hele eller deler av oppgaven i forbindelse med jobbsøknader samt videreføring i et doktorgradsarbeid.

5. Generelt

Denne avtalen skal ha gyldighet foran andre avtaler som er eller blir opprettet mellom to av partene som er nevnt ovenfor. Dersom student og bedrift skal inngå avtale om konfidensialitet om det som studenten får kjennskap til i bedriften, skal NTNUs standardmal for konfidensialitetsavtale benyttes. Eventuell avtale om dette skal vedlegges denne avtalen.

Eventuell uenighet som følge av denne avtalen skal søkes løst ved forhandlinger. Hvis dette ikke fører frem, er partene enige om at tvisten avgjøres ved voldgift i henhold til norsk lov. Tvisten avgjøres av sorenskriveren ved Sør-Trøndelag tingrett eller den han/hun oppnevner.

Denne avtale er underskrevet i 4 - fire - eksemplarer hvor partene skal ha hvert sitt eksemplar. Avtalen er gyldig når den er godkjent og underskrevet av NTNU v/instituttleder.

Gjøvik, 03.03.2021, Daria Petrova
sted, dato student

Gjøvik, 3.mars 2021 Ole Kristian Haug
sted, dato veileder ved NTNU

Gjøvik 11/3-2021
sted, dato instituttleder, NTNU institutt

Drammen 12/3-21
sted, dato
 Bjørn Skaar
for bedriften/institusjonen
stempel og signatur

Veglegg 2. Målinger tatt av SVV







a

Veglegg 3. Fotoluminescerende maling produkt

informasjon



Allureglow USA Dual Technology Line Marking System for Highways, Roads, Airports & Parking Facilities

"Don't be left in the dark"



Allureglow USA has set out to greatly improve the current Line Marking Products and Technologies, which based on our Testing will drastically reduce fatalities. We have looked at those regions of the world which suffer from constant power outages, that often lead to Aircraft not being able to land and not to mention the need for additional pilot visibility in poor weather conditions.

As a result of the countless fatalities that happen on Roads and Highways around the World every year caused by poorly or un-marked roads that often have little or no Street Lights. The Federal Highway Safety Department posts it's annual Statistics and Fatalities have been on the rise in Suburban and Rural Areas where roads go un-lit, for the period 2010 thru 2012.



Allureglow USA has come up with a revolutionary system that incorporates both Allureglow USA Photoluminescent Paints and Allureglow USA Reflective Beads, to offer the highest visibility possible in all types of weather conditions. Dark and Un-Lit Roads, Highways, Airport Tarmacs and Runways are no longer an issue. For those Regions of the world which suffer from constant power outages, we have the solution.



Headlights Reflecting Off Center Line

The Allureglow USA System is applied using Conventional Airless or HVLP Spray Equipment in an easy 2 or 3 Step Process. The Allureglow USA Paints are Waterbased, Eco-Friendly and offer the Highest Luminosity (Glow Brightness) in the Industry. These Allureglow USA Paints used along with The Allureglow USA High Visibility Beads are All Approved for Roads, Highways and Airports.



Two Hours Past Sunset
No Headlights On

Allureglow USA Line Marking Paints are available in the following Colors:

- White Primer
- White Daytime Glows Aqua
- White Daytime Glows Green
- Yellow Daytime Glows Green
- Blue Daytime Glows Aqua
- Red Daytime Glows Green
- Clear Top Coat

Allureglow USA Hi Visibility Reflective Beads are available in a variety of sizes. The AG-GLS-LG will achieve Airport Quality and Compliance.

Paints are available in the following Container Sizes:

- Five Gallon Pails
- 50 Gallon Drums
- 250 Gallon Totes

Reflective Beads are Sold in 50 LB. Bags

(888) 493-4569

www.allureglowusa.com



Allureglow USA
 9450 7th Street, Unit H
 Rancho Cucamonga, CA 91730
 (888) 493-4569
 (909) 989-9146
 orderdepartment@allureglowusa.com
 www.allureglowusa.com

COMMERCIAL INVOICE

Date	Invoice #
3/9/2021	19-102-3543

"Don't be left in the dark"

Bill To: Daniil Petrov Fauchalds Gate 5A Gjøvik, Innlandet 2815 Norway	Ship To: Daniil Petrov Fauchalds Gate 5A Gjøvik, Innlandet 2815 Norway
---	---

P.O. Number	Terms	Rep	Ship Date	Ship Via	Tracking #
20191439	PayPal	ECOMM	3/9/2021	UPS	1Z9092F16793680075

Q...	Item Code	Description	U/M	Price E...	Amount
1	AA-6585-LMWG-QT	Acrylic Line Marking Paint White Daytime Green Glow Per Quart	QT	85.00	85.00
1	SHIPPING	SHIPPING		179.98	179.98

NOTE: ALL SALES ARE FINAL NO REFUNDS OR RETURNS ANY DAMAGED ITEMS OR SHORTAGES MUST BE REPORTED WITHIN 24 HOURS OF DELIVERY BY CALLING (888) 493-4569 AND PHOTOS EMAILED TO: orderdepartment@allureglowusa.com	Total	\$264.98
	Payments/Credits	\$0.00
	Balance Due	\$264.98



(888) 493-4569

www.allureglowusa.com

"Don't be left in the dark"

SAFETY DATA SHEET

SECTION 1—IDENTIFICATION

Trade Name: Allureglow AA-Series Paints

Chemical Composition and Make Up: Acrylic Resins and Additives

Formula: Proprietary

Product Type: 100% Acrylic Waterbased Paint for Safety & Egress Applications

Product Code: ALL AA SERIES INCLUDING AA-1000, AA-2045, AA-6585

HMIS Codes: H F R P
1 0 0 C

Producer: Allureglow USA, LLC

Address: 9450 7th St., Unit H, Rancho Cucamonga, CA 91730

Telephone: 888-493-4569 **Fax:** 909-563-1855

SECTION —HAZARD (S)

Hazardous Components: N/A

Case Number: N/A

Occupational OSHA/PEL: N/E

Exposure ACGIH/TLV: N/E

Limits Other: N/E

Vapor mm: 0.0

Pressure Hg @ TEMP: 77F

Weight Percent: 5.0 %

*** No toxic chemical (s) subject to the reporting requirements of section 313 Title III and of 40 CFR 372 are present. *** WARNING! THIS PRODUCT CONTAINS CHEMICAL (S) KNOWN TO THE STATE OF CALIFORNIA TO CAUSE CANCER AND BIRTH DEFFECTS OR OTHER REPRODUCTIVE HARM.

SECTION 3—COMPOSITION/INFORMATION ON INGREDIENTS

Case Number: 25265 – 77 – 4

SECTION 4—FIRST AID MEASURES

Inhalation Health Risks And Symptoms Exposure

N/a

Skin And Eye Contact Health Risks And Symptoms Of Exposure


Skin: may cause irritation, drying or cracking and defatting

Eyes: Irritation of the eyes, watering, blurred vision

Skin Absorption Health Risks And Symptoms Of Exposure

May cause irritation, cracking, defatting or dermatitis may occur

8000-588 (888)



Ingestion Health Risks And Symptoms Of Exposure

May cause irritation of the gastrointestinal tract

Health Hazards (Acute And Chronic)

N/a

Carcinogenicity: NTP? No IARC Monographs? No OSHA Regulated? No

Medical Conditions Generally Aggravated By Exposure

None known

Emergency And First Aid Procedures

Inhalation: n/a

Eye contact: flush with large amount of water for 15 minutes with eyes open, see physician if irritation persists

Skin contact: wash with soap and water, remove contaminated clothing, seek medical help if symptoms persist

Ingestion: do not induce vomiting, drink one to two glasses of water to dilute seek medical if unusual symptoms are present

SECTION 5—FIRE-FIGHTING MEASURES

Flash Point: N/A

Flammable Limits In Air By Volume – Lower: N/A **Upper:** N/A

Extinguishing Media

N/A

Special Firefighting Procedures

N/A

Unusual Fire And Explosion Hazards

N/A

SECTION 6—ACCIDENTAL RELEASE MEASURES

Steps To Be Taken In Case Material Is Released Or Spilled

Contain And Remove With Inert Absorbent, Allow Materials To Dry, Dispose Of Properly

Waste Disposal Method

Dispose Of In Accordance With All Local, State And Federal Regulations

SECTION 7—HANDLING AND STORAGE

Precautions To Be Taken In Handling And Storing

Keep closure tight and container in upright position, this material must be stored and transported Above 35°F And Below 90°F Note: **Do Not Allow This Material To Freeze**

Other Precautions

Avoid Prolonged Skin Contact, Avoid Eye Contact

SECTION 8—EXPOSURE CONTROLS/PERSONAL PROTECTION

Respiratory Protection

Approved dust mask

Ventilation

Not required unless spraying, spray in well ventilated area

Protective Gloves

Latex or rubber

Eye Protection

Safety eyewear with side shields

Other Protective Clothing Or Equipment

Eye wash station and first aid kit in work area is recommended

Work/ Hygienic Practices

Wash with soap and water; remove contaminated clothing and shower prior to handling of food or smoking

SECTION 9—PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES

Boiling Point: 212 Deg F

Specific Gravity: (h₂o=1): 1.3

Vapor Density: Heavier Than Air

Evaporation Rate: Slower Than Ether

Material V.O.C.: 0.31 Lb/Gl (37 G/L)

Solubility In Water: Soluble

Appearance And Odor: Viscous Coating With No Odor

SECTION 10—STABILITY AND REACTIVITY

Stability: Stable

Conditions To Avoid

Avoid eye contact, store away from heat or extreme cold

Incompatibility (Materials To Avoid)

N/a

Hazardous Decomposition Or Byproducts

N/a

Hazardous Polymerization: will not occur

SECTION 11----TOXICOLOGICAL INFORMATION

Classified as non-toxic

SECTION 12----ECOLOGICAL INFORMATION

N/A

SECTION 13----DISPOSAL CONSIDERATIONS

Dispose of in accordance with all local, state and federal regulations

SECTION 14----TRANSPORT INFORMATION

Not regulated.

SECTION 15----REGULATORY INFORMATION

N/A

SECTION 16----OTHER INFORMATION

Disclaimer

To the best of our knowledge, the information contained herein is accurate, obtained from sources believed by our company to be accurate, however, the information is provided without representation or warranty, expressed or implied regarding its accuracy or correctness.

