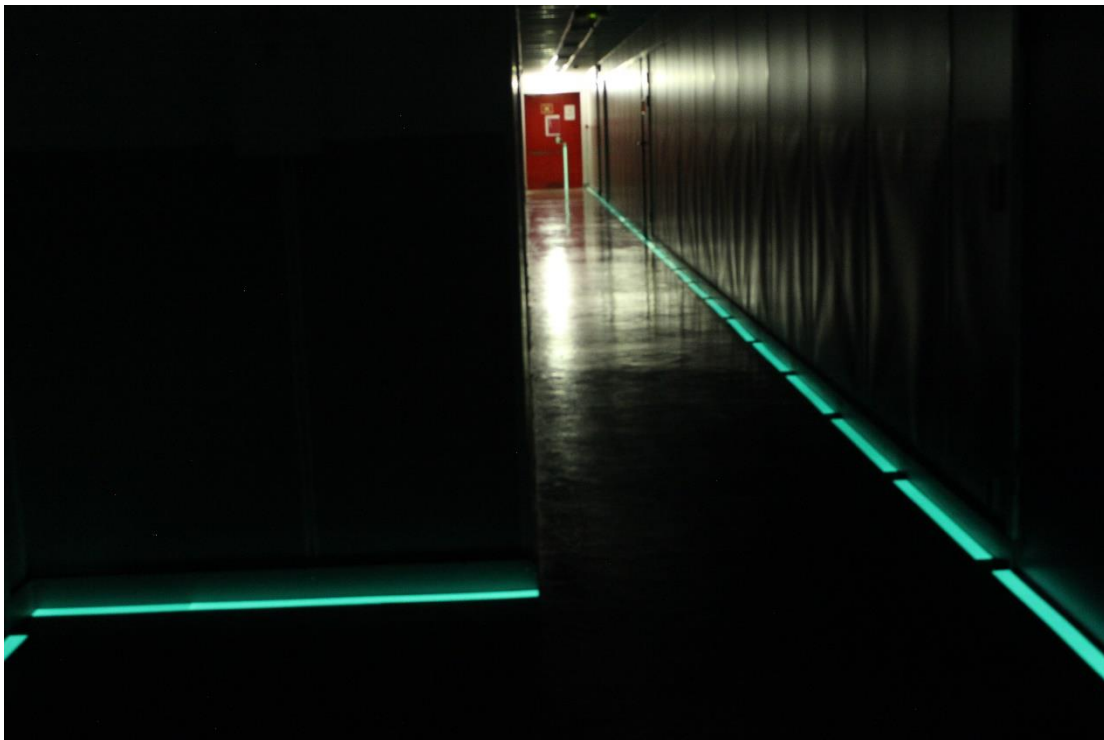


Optimal utforming av ledesystem



Bachelorprosjekt utført ved
Høgskolen på Vestlandet – Studie for ingeniørfag

Brannsikkerhet

Av: Gudrun Julia Thordardottir
Iselin Tinjar Haugland
Sondre William Zakariassen

Kand.nr. 5
Kand.nr. 17
Kand nr. 8



Høgskulen
på Vestlandet

BACHELORPROSJEKT

Studenten(e)s navn: Gudrun Julia Thordardottir
Iselin Tinjar Haugland
Sondre William Zakariassen

Linje & studieretning Brannsikkerhet

Oppgavens tittel: *Optimal utforming av ledesystem*

Oppgavetekst:

Byggeteknisk forskrift (TEK 10) angir at et ledesystem kan inneholde fire hovedelementer: markeringsskilt, retningsskilt, ledelinjer og nødlys. Disse skal sammen lede personer raskt til et sikkert sted på en logisk måte. Komponenter kan være elektriske, belyste eller etterlysende. NS 3926:2009 angir at etterlysende og elektriske basert komponenter ikke skal kombineres innenfor én branncelle med noen gitte unntak. I NS 3926:2016 (høringsstatus), er dette kravet til ulike komponenter fjernet slik at det nå tillates, og de ulike systemene kan kombineres etter særskilt vurdering.

Følgende hypotese skal undersøkes ved gjennomføring av egnede forsøk med tilhørende spørreundersøkelse og studie av relevant litteratur:

En kombinasjon av etterlysende og elektrisk lysende ledesystem kan i gitte tilfeller gi mer optimal ledeevne enn kun ved bruk av enten etterlysende eller elektrisk lysende komponenter.

Studentene skal gjøre rede for hvordan en kombinasjon av etterlysende og elektrisk lysende ledesystemer påvirker hverandre i scenarioer med og uten røyk. Hvilken innvirkning har et elektrisk system på synlighet og effekt av etterlysende komponenter? Og hvordan vil kombinasjonen påvirke nødvendig rømningstid sammenlignet med bruk av komponentene hver for seg?

Studentene skal i tillegg vurdere i hvilke tilfeller det kan være aktuelt å kombinere etterlysende og elektriske systemer, og hvilke kriterier som må være tilstede for å benytte begge systemene i én og samme branncelle.

Endelig oppgave gitt: Fredag 3. mars 2017
Innleveringsfrist: Onsdag 10.mai 2017 kl. 12.00
Intern veileder: Jon Arve Brekken
Ekstern veileder: Øystein Anfinsen, Firesafe
Adresse ekstern veileder: Kanalveien 105A, 5068 Bergen

**Godkjent av
studieansvarlig:
Dato:**

Forum S. Nysted
27/4-17

Oppgavens tittel		Rapportnummer
Optimal utforming av ledesystem		
Utført av		
Gudrun Julia Thordardottir, Iselin Tinjar Haugland, Sondre William Zakariassen		
Linje		Studieretning
Brannsikkerhet		Branningeniør
Gradering	Innlevert dato	Veiledere
Åpen	10. mai 2017	Jon Arve Brekken og Øystein Anfinsen

Ekstrakt

I denne oppgaven vil bruk av et kombinert ledesystem med høythengende elektriske komponenter og lavtsittende og mellomtsittende etterlysende komponenter undersøkes. Det skal gjennomføres forsøk for å undersøke virkningen et slikt ledesystem vil ha på den nødvendige rømningstiden sammenlignet med etterlysende ledesystem og elektrisk ledesystem, samt forsøk for å undersøke hvordan de elektriske komponentene påvirker effekten til de etterlysende komponentene.

Ut fra resultatene kan det tyde på at et kombinert ledesystem kan gi kortere forflytningstid sammenlignet med ledesystem bestående av kun etterlysende eller elektriske komponenter, spesielt i scenarioer med røyk. Resultatene tyder også på at de elektriske komponentene har størst påvirkning på de etterlysende komponentene de første minuttene. I et kombinert ledesystem uten røyk ble det observert en positiv effekt på de etterlysende komponentene, sammenlignet med et etterlysende ledesystem. Den positive påvirkningen ble derimot ikke oppfattet av deltakerne, og de kommenterte at de etterlysende komponentene ble mindre synlig i nærheten av de elektriske komponentene både i scenario med og uten røyk. Røyk i rømningsveien ble observert å ha en negativ effekt på synligheten til ledesystemene.

Det kan være hensiktsmessig å bruke et kombinert ledesystem i bygg der etterlysende eller elektriske ledesystem ikke gir tilfredsstillende ledefunksjon. Dette kan gjelde bygg med store folkemengder eller komplekse rømningsveier.

Kriterier for bruk av et kombinert ledesystem er tilstrekkelig belysning av de etterlysende komponentene, samt at andre kriterier for etterlysende komponenter blir tilfredsstillt. Det bør ikke brukes annen nødbelysning i rømningsvei enn markeringskilt over dør, og disse bør ha redusert lysstyrke.

Forord

Denne rapporten er et resultat av en bachelorgrad innen brannteknikk ved Høgskolen på Vestlandet.

Vi ønsker å takke

- Våre veiledere Jon Arve Brekken og Øystein Anfinsen for veiledning og gode tilbakemeldinger underveis i arbeidet.
- Firesafe for lån av utstyr til forsøkene og hjelp til luminansmålinger.
- Fire Eater og Jan Hantho for lån av utstyr til forsøkene.
- Hordaland fylkeskommune ved Sandsli videregående skole for lån av bygg til gjennomføring av forsøk.
- Tom Stalheim i Stalheimbrannvern AS for rådgiving.
- Bjarne Christian Hagen for rådgiving.
- Ingunn Haraldseid for lån av utstyr og gode forslag i forhold til gjennomføring av forsøk.
- Alle som tok seg tid til å være med på evakueringsforsøkene.
- Inghild Tinjar Grønås Haugland for god hjelp med korrekturlesing.

Innholdsfortegnelse

Forord	i
Sammendrag	v
Summary.....	vi
Definisjoner	vii
1. Innledning.....	1
1.1 Bakgrunn og formål	1
1.2 Hypotese	1
1.3 Avgrensninger.....	1
2. Teori	2
2.1 Rømningsteori.....	2
2.2 Ledesystem	3
2.2.1 Etterlysende ledesystem	4
2.2.2 Elektrisk ledesystem.....	6
2.2.3 Kombinasjon av etterlysende og elektriske komponenter.....	6
2.3 Måling av etterlysende ledesystem	7
2.4 Ulike branntyper og røykutvikling	7
2.5 Røyk og menneskelig oppførsel i brannrøyk	8
2.6 Tidligere forsøk.....	8
2.6.1 SP Fire Research	8
2.6.2 Masteroppgave i prosessteknologi UiB/HSB	9
3. Metode.....	10
3.1 Studie av relevant litteratur	10
3.1.1 Relevante lover og standarder	10
3.1.2 Annen relevant litteratur.....	11
3.2 Gjennomføring av forsøk og spørreundersøkelse	11
3.2.1 Påvirkning på nødvendig rømningstid	12
3.2.2 Elektriske komponenters påvirkning på etterlysende komponenter	14
4. Resultat	16
4.1 Sammenligning av NS 3926:2009 og prNS 3926:2016.....	16
4.2 Nødvendig rømningstid og oppfattelse av ledesystemene.....	16
4.2.1 Nødvendig rømningstid.....	16
4.2.2 Spørreundersøkelse – forsøk uten røyk.....	17
4.2.3 Spørreundersøkelse – forsøk med røyk.....	19
4.3 Målinger på etterlysende komponenter.....	22
4.3.1 Luminansmålinger.....	22

4.3.2 Luxmålinger	24
5. Diskusjon	25
5.1 Gjennomføring av forsøk	25
5.1.1 Rømningsvei	25
5.1.2 Røyk i rømningsveien	25
5.1.3 Utførelse av forsøk	26
5.2 Forsøksresultat	27
5.2.1 Forflytningstid	27
5.2.2 Spørreskjema	27
5.2.3 Luminansmålingene	29
5.2.4 Luxmålingene	30
5.3 Utforming av ledesystemet	30
5.4 Kombinert ledesystem	30
6. Konklusjon	32
7. Videre arbeid	33
Referanser	I
Vedlegg	II
Vedlegg 1 – Spørreskjema for evakueringsforsøk uten røyk	IV
Vedlegg 2 – Spørreskjema for evakueringsforsøk med røyk	VIII
Vedlegg 3 – Flere resultater fra spørreskjemaene	XII
Vedlegg 3.1 Forsøk uten røyk	XII
Vedlegg 3.2 Forsøk med røyk	XVI
Vedlegg 3.3 Luxmålingene	XX
Vedlegg 4 – Luminansmålinger	XXI
Vedlegg 5 – Produktinformasjon	XXIV
Vedlegg 5.1 Glamox E20-S G2	XXIV
Vedlegg 5.2 Hagner ERP-105	XXVI
Vedlegg 5.3 Hagner EC1-X	XXVIII
Vedlegg 5.4 Smart signs	XXX
Vedlegg 5.5 Trainer 201	XXXII
Vedlegg 5.6 Beghelli ART:993-8SA1N	XXXVI

Figurliste

Figur 1 - Ill.: Byggforskserien, SINTEF Byggforsk, gjengitt med tillatelse	2
Figur 2 - Markering av dør, eget bilde	5
Figur 3 - Elektrisk markeringsskilt, eget bilde	6
Figur 4 - Rømningsvei plan 3	11
Figur 5 - Rømningsvei plan 2	12
Figur 6 - Rømningsvei plan 1	12
Figur 7 - Rømningstid for hvert forsøk	16
Figur 8 - Synligheten til ledesystemet – Forsøk uten røyk.....	17
Figur 9 - Synligheten til omgivelsene – Forsøk uten røyk	17
Figur 10 - Nytten av ledesystemet – Forsøk uten røyk.....	18
Figur 11 - Hvilket av ledesystemene fungerte best? – Forsøk uten røyk	18
Figur 12 - Synligheten til komponentene i ledesystemet – Forsøk med røyk	19
Figur 13 - Synligheten til omgivelsene – Forsøk med røyk	20
Figur 14 - Nytten av ledesystemet – Forsøk med røyk.....	20
Figur 15 - Påvirket røyken deg på noen måte? – Forsøk med røyk	21
Figur 16 - Hvilket av ledesystemene fungerte best? – Forsøk med røyk	21
Figur 17 - Luminansen til de etterlysende komponentene etter 10 minutter.....	22
Figur 18 - Luminansen til de etterlysende komponentene etter 30 minutter.....	23
Figur 19 - Luminansen til de etterlysende komponentene etter 60 minutter.....	23

Tabelliste

Tabell 1 - Luxmålinger	24
------------------------------	----

Sammendrag

I denne bacheloroppgaven skal det avdekkes om en kombinasjon av etterlysende og elektriske komponenter gir den mest optimale utformingen av et ledesystem, sammenlignet med bruk av kun etterlysende eller elektriske komponenter.

Det er gjennomført flere forsøk for å undersøke påvirkningen på den nødvendige rømningstiden med bruk av et kombinert ledesystem, et etterlysende ledesystem og et elektrisk ledesystem, både med og uten røyk. Det er også undersøkt om elektriske komponenter vil påvirke luminansen til de etterlysende komponentene i et kombinert ledesystem.

Ut fra resultatene fra rømningsforsøkene kan det tyde på at en kombinasjon av etterlysende og elektriske komponenter vil kunne gi en kortere forflytningstid i scenarier med røyk. I scenarier uten røyk antas det at utslagene i tid ikke vil være like store, men forflytningstiden vil ved bruk av det kombinerte ledesystemet kunne være noen sekunder raskere enn ved bruk av de to andre ledesystemene.

Ut fra resultatene fra luminansmålingene kan det synes som at få minutter etter et strømbrudd vil de etterlysende komponentene i et kombinert ledesystem ha høyere luminans enn komponentene i et etterlysende ledesystem, og eventuell røyk i korridoren vil kunne gi en negativ påvirkning på luminansen. Etter en stund vil derimot luminansen konvergere og utslagene fra de elektriske komponentene og røyken vil være små. Til tross for at de elektriske komponentene øker luminansen til de etterlysende komponentene de første minuttene uten røyk, oppfattet ikke deltakerne denne påvirkningen. Deltakerne syntes de etterlysende komponentene ble mindre synlig i området rundt de elektriske komponentene. Av den grunn anbefales det at lysstyrken til de elektriske komponentene reduseres ved et strømbrudd for å redusere den oppfattede påvirkningen på synligheten til de etterlysende komponentene.

Det kan konkluderes at et kombinert ledesystem vil kunne være en hensiktsmessig utforming av et ledesystem og gi en god ledeevne. Basert på resultatene og tilbakemeldinger fra deltakerne vil et kombinert ledesystem som består av høyhengende elektriske markeringsskilt, lavtsittende etterlysende ledelinjer/-punkter, etterlysende markering av dører på mellomnivå og høyhengende etterlysende retningsskilt være en optimal utforming.

Et kombinert ledesystem vil kunne være hensiktsmessig å bruke i bygg der kun etterlysende eller elektriske komponenter ikke vil gi en tilfredsstillende ledefunksjon. Dette kan for eksempel være egnet i bygg med store folkemengder, samt bygg med komplekse rømningsveier og høy sannsynlighet for strømbrudd ved en nødsituasjon.

Viktige kriterier som må være til stede for å kunne bruke et kombinert ledesystem er sikker belysning som sikrer oppladning av de etterlysende komponentene, samt andre kriterier som gjelder for et etterlysende ledesystem. Det bør unngås å bruke nødbelysning ved bruk av et kombinert ledesystem, med unntak av markeringsskilt over dører. Redusert lysstyrke på de elektriske komponentene ved et strømbrudd bør være et kriterie.

Til slutt kan det konkluderes at resultatene kan tyde på at hypotesen stemmer. En kombinasjon av etterlysende og elektrisk lysende ledesystem vil i gitte tilfeller kunne gi en mer optimal ledeevne enn kun ved bruk av enten etterlysende eller elektrisk lysende komponenter.

Summary

This bachelor assignment will reveal whether a combination of photoluminescent and electrical components is the most optimal design of a safety way guidance system, compared to only the use of photoluminescent or electrical components.

Several experiments are conducted to investigate the impact on the required safe egress time using a combined, a photoluminescent and an electrical safety way guidance system, in scenarios with and without smoke. It has also been tested whether electrical components will affect the luminance of the photoluminescent components in a combined safety way guidance system.

The results from the evacuation tests indicate that a combination of photoluminescent and electrical components could possibly give a shorter evacuation time in scenarios with smoke. While in scenarios without smoke it is assumed that the difference in the evacuation time will not be as great.

Based on the results from the luminance measurements it can be noticed that few minutes after a power failure the photoluminescent components of a combined safety way guidance system will have higher luminance than the components in a photoluminescent safety way guidance system. It also shows that smoke in the corridor could adversely affect luminance. After a while the luminance will converge and the effects of the electrical components and smoke will be much smaller. Even though the electrical components increase the luminance of the photoluminescent components during the first few minutes without smoke the participants did not perceive this influence. The participants found that the photoluminescent components were less visible in the area around the electrical components. For this reason it is recommended that the brightness of the electrical components is reduced under a power failure to minimize the perceived impact on the visibility of the photoluminescent components.

It can be concluded that a combined safety way guidance system could be a suitable design of a safety way guidance system and provide a sufficient guidance effect. Based on the results and feedback from the participants a combined safety way guidance system consisting of high located electrical marking signs, low located photoluminescent guiding lines/points, photoluminescent marking on doors at intermediate location, and high located photoluminescent directional signs will be an optimal design.

A combined guidance system could be useful in buildings where photoluminescent or electrical safety way guidance system will not provide a satisfactory guidance effect. This can for example be suitable in buildings with large areas, as well as buildings with complex evacuation routes and buildings with a high possibility of power failure in an emergency.

Important criteria that must be present to use a combined safety way guidance system is secure lighting that ensures the charging of the photoluminescent components, as well as other criteria that apply to a photoluminescent safety way guidance system. It should be avoided to use emergency lighting as a part of a combined safety way guidance system, except for door marking signs. Reduced brightness of the electrical components during a power failure should be a criterion.

It can be concluded that the results may indicate that the hypothesis is correct. A combination of photoluminescent and electrically safety way guidance systems may in some cases provide a more optimal guidance effect than only using either photoluminescent or electric components.

Definisjoner

Brannklasse:	Byggverk eller deler av et byggverk skal plasseres i brannklasse ut fra den konsekvens en brann kan ha på liv, helse, miljø og samfunnet (Direktoratet for byggkvalitet, 2010). Brannklasse 1-4 benyttes hvor konsekvensen ved brann er liten for brannklasse 1, middels for brannklasse 2, stor for brannklasse 3 og særlig stor for brannklasse 4 (Direktoratet for byggkvalitet, 2010).
Effektiv bredde:	«Den totale bredden i rømningsveien minus grenselagene for den aktuelle delen av rømningsveien» (Hagen, 2008, s. 52).
Elektriske komponenter:	Lavtsittende eller høyhengende elektriske komponenter, som er gjennomlysende eller belyste (Standard Norge, 2009).
Etterlysende komponenter:	Lavtsittende, mellomtsittende eller høyhengende komponenter med etterlysende effekt (Standard Norge, 2009).
Forflytningshastighet:	Hastigheten til de som evakuerer (Hagen, 2008).
Kombinert ledesystem:	Ledesystem bestående av etterlysende og elektriske komponenter.
Ledelinjer og ledepunkter:	Lavtsittende linjer og punkter der formålet er å bidra til en økt ledeevne i et ledesystem (Standard Norge, 2009).
Ledesystem:	Et system bestående av elektriske og/eller etterlysende komponenter med merking og retningsinformasjon som skal bidra til en rask og effektiv evakuering (Standard Norge, 2009).
Luminans:	«Mål for hvor lys en flate er» (Standard Norge, 2009, s. 5).
Luminansmåler:	Digitalt apparat som måler luminans i et ønsket måleområde i cd/m^2 (Standard Norge, 2009).
Luxmåler:	Digitalt apparat som måler belysningsstyrke i lux, se vedlegg 5.3.
Markeringskilt:	Selvlysende, belyst eller gjennomlyst skilt som benyttes for å markere utgang til rømningsvei eller til det fri (SINTEF Byggforsk, 2003).

Monteringshøyde:	<p>Lavt montert: Monteres «på golvnivå eller inntil 0,4 meter over golvnivå» (Standard Norge, 2009, s. 5).</p> <p>Mellomnivå: Monteres «i høyden 1,2 til 1,8 meter over golvnivå» (Standard Norge, 2009, s. 5).</p> <p>Høyt montert: Monteres i en minimumshøyde på 1,8 meter over golvnivå (Standard Norge, 2009).</p>
Nødvendig rømningstid:	Tiden fra brannstart til personer er på et sikkert sted (Hagen, 2008).
Personstrøm:	«Strømmen av personer i en rømningsvei» (Hagen, 2008, s. 41).
Persontetthet:	Antall personer per areal for den aktuelle delen av rømningsveien (Hagen, 2008).
Retningsskilt (Henvisningsskilt):	Selvlysende, belyst eller gjennomlyst skilt som benyttes for å an vise rømningsveien (SINTEF Byggforsk, 2003).
Risikoklasse:	Byggverk eller deler av et byggverk skal plasseres i risikoklasser ut fra den risikoen en brann kan ha på liv og helse. Risikoklasse 1-6 benyttes der høyere risikoklasse stiller strengere krav til sikkerhet (Direktoratet for byggkvalitet, 2010).
Sikkerhetsmargin:	Differansen mellom tilgjengelig- og nødvendig rømningstid (Hagen, 2008).
Tilgjengelig rømningstid:	Tilgjengelig tid fra brannstart til kritiske forhold for mennesker og dyr inntreffer (Hagen, 2008).

1. Innledning

1.1 Bakgrunn og formål

I den norske standarden for visuelle ledesystem for rømning i byggverk, NS 3926:2009, blir det angitt at etterlysende og elektrisk baserte komponenter ikke skal kombineres innenfor én branncelle, med noen gitte unntak. I slutten av 2016 var denne standarden ute på høring for en revidert 2. utgave, NS 3926:2016. I høringsforslaget er kravene knyttet til kombinasjon fjernet slik at en kombinasjon av de ulike systemene tillates etter en særskilt vurdering.

Formålet med denne oppgaven er å undersøke om en kombinasjon av etterlysende og elektrisk baserte komponenter i et ledesystem vil ha en positiv påvirkning på den nødvendige rømningstiden, og om elektriske komponenter vil påvirke de etterlysende komponentene.

1.2 Hypotese

Ved en evakueringssituasjon vil en optimal utforming av ledesystemet være viktig for en god rømningssikkerhet. Gjennom forsøk med tilhørende spørreundersøkelser, samt studie av relevant litteratur skal følgende hypotese testes:

En kombinasjon av etterlysende og elektrisk lysende ledesystem kan i gitte tilfeller gi mer optimal ledeevne enn kun ved bruk av enten etterlysende eller elektrisk lysende komponenter.

1.3 Avgrensninger

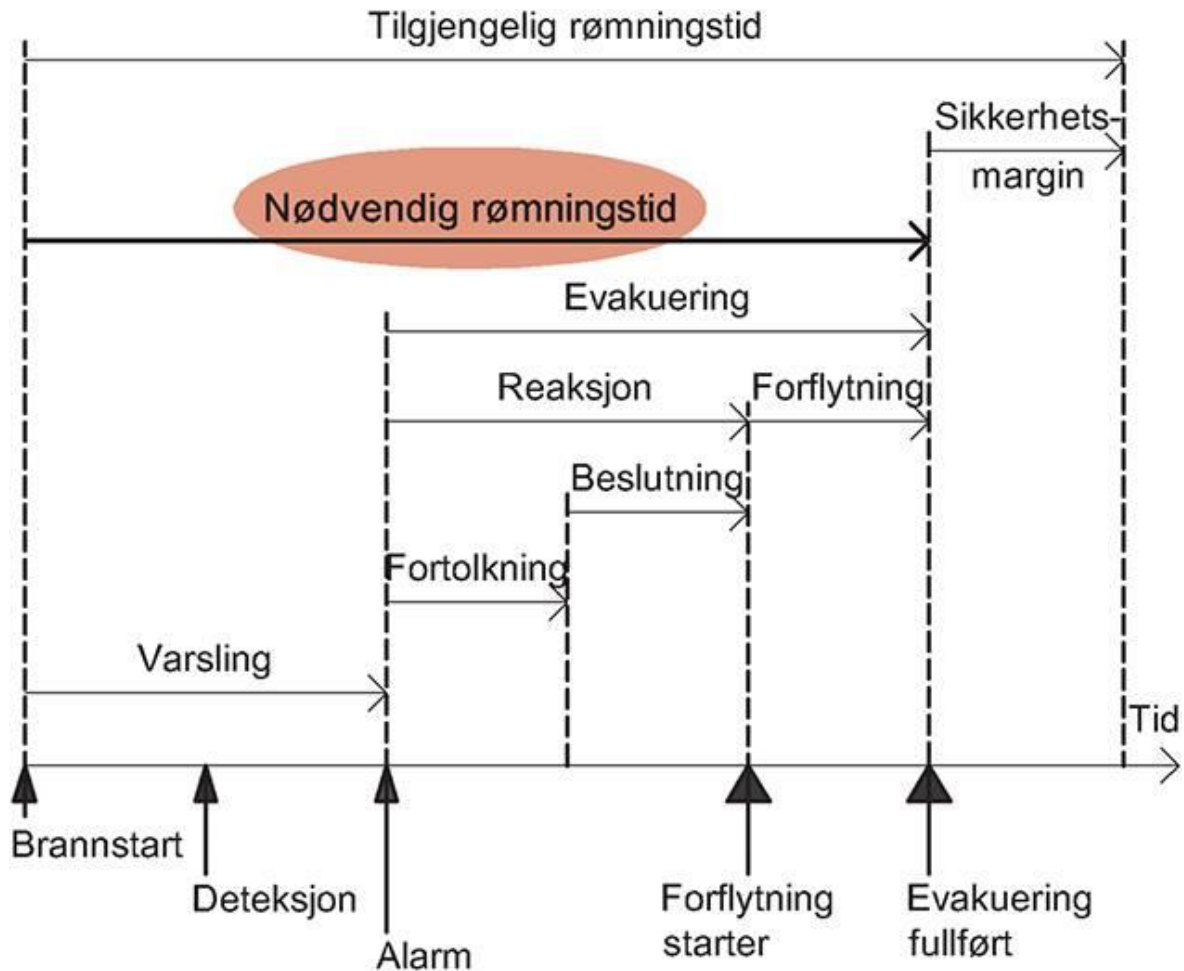
I oppgaven er det gjort følgende avgrensninger.

- Det er kun sett på én kombinasjon av elektriske og etterlysende komponenter. Kombinasjonen består av høyhengende elektriske komponenter og lavtsittende etterlysende komponenter, samt etterlysende komponenter for markering av dører.
- For elektrisk ledesystem er det ikke sett på et fullverdig elektrisk ledesystem, men kun bruk av høyhengende retnings- og markeringsskilt.
- Det er sett på et worst-case scenario hvor det kun er én tilgjengelig rømningsvei og hele rømningsveien er mørklagt.
- For byggteknisk forskrift (TEK10) er det kun kapittel 11 som blir benyttet.
- For prosjektering av ledesystem og krav innenfor dette området er det kun sett på standarden NS 3926, som gjelder for landbaserte bygninger.
- Det er ikke tatt hensyn til et kostnadsperspektiv ved valg og installering av et ledesystem.

2. Teori

2.1 Rømningsteori

Et ledesystem vil være et viktig tiltak for en tilfredsstillende rømningssikkerhet, og bidra til å redusere den nødvendige rømningstiden i et bygg. Rømningstid kan deles opp i tilgjengelig rømningstid, nødvendig rømningstid og sikkerhetsmargin (Hagen, 2008).



Figur 1 - III.: Byggforskserien, SINTEF Byggforsk, gjengitt med tillatelse

Nødvendig rømningstid er den tiden som trengs for å evakuere et bygg og komme seg til sikkert sted etter at en brann er varslet. Den nødvendige rømningstiden kan deles inn i varslings- og beslutningstid, samt forflytningstid. Varslings- og beslutningstid er den tiden som kreves av personer for tolkning og vurdering av situasjon og farepotensial, for deretter å iverksette tiltak som evakuering av bygget. Forflytningstiden er den tiden som kreves til forflytning til et trygt sted (Hagen, 2008).

Forflytningstiden er avhengig av antall mennesker i bygget og personstrøm gjennom rømningsveiene. Personstrøm gjennom rømningsveier avhenger av forflytningshastighet, persontetthet og effektiv bredde på rømningsveiene i bygget. Forflytningshastighet er et gjennomsnitt av hastigheten til en gruppe personer under evakuering. Det vil være variasjon i hastigheten til personer på grunn av individuelle forskjeller, for eksempel alder, kjønn, kjennskap til bygget, med mer. Forflytningshastighet vil da være en gjennomsnittshastighet av disse variasjonene (Hagen, 2008).

Tilgjengelig rømningstid er tiden fra en brann starter til det oppstår kritiske forhold for mennesker og dyr. Kritiske forhold for mennesker baserer seg på akseptkriterier, som er

grenseverdier for kritiske forhold. Akseptkriteriene tar utgangspunkt i røyk, temperatur, varmestråling og gasskonsentrasjoner (Hagen, 2008).

Sikkerhetsmargin er «*differansen mellom tilgjengelig rømningstid og nødvendig rømningstid*» (Hagen, 2008, s. 9). Det er viktig at den tilgjengelige rømningstiden i bygget er vesentlig større enn den nødvendige rømningstiden for å sikre at mennesker rekker å evakuere bygget før kritiske forhold inntreffer. Det er per dags dato ikke et lovpålagt krav til størrelse på sikkerhetsmargin, men i praksis opereres det med en sikkerhetsmargin på 200-300% av nødvendig rømningstid, som vil si at den nødvendige rømningstiden skal multipliseres med en sikkerhetsfaktor på 2-3 (Hagen, 2008).

Rømning er i stor grad avhengig av menneskelig problemløsning og handlingsmønster. Det er ikke et fasitsvar på menneskelig handlingsmønster under rømning, da alle mennesker vil oppføre seg forskjellig. Menneskelige faktorer som spiller inn under rømning og som kan påvirke rømningstid er erfaring, trening, familiær tilknytning, alder, kjønn, funksjonshemming og så videre. Det er derfor viktig at det tas forbehold om disse utfordringene og variasjonene når det skal utarbeides tilfredsstillende rømningsforhold i byggverk (Hagen, 2008).

En annen faktor som påvirker evakueringen er bygningsmessig utforming. Det stilles branntekniske krav til bygninger etter byggteknisk forskrift (TEK 10). Dette er krav til for eksempel dørbredder, maksimal lengde på rømningsvei, antall nødutganger, branncelleinndeling og brannmotstand på dører og vinduer som samlet sett skal sørge for at bygget gir tilfredsstillende rømningsforhold. Et eksempel på krav er kravet til maksimal lengde på rømningsvei på 30 meter i byggverk med flere utganger eller trapper. Formålet med kravene er å begrense og hindre brann og røyk-spredning (Direktoratet for byggkvalitet, 2010).

2.2 Ledesystem

Et ledesystem brukes for å synliggjøre rømningsveien og gi en ledeeffekt slik at evakuering til sikkert sted kan gjennomføres på en trygg og effektiv måte (Standard Norge, 2009). Et riktig utformet ledesystem kan forkorte beslutnings- og forflytningstiden, som medfører redusert nødvendig rømningstid (Norsk Lysteknisk Komité, 2013). Visuelle ledesystem kan bestå av elektrisk baserte og/eller etterlysende komponenter, for eksempel skilt og ledelinjer. I tillegg til visuelle komponenter kan et ledesystem inneholde taktillmerking som oppfattes ved berøring og automatisk taleinformasjon. Dette kan være viktig i bygninger der personer med nedsatt funksjonsevne oppholder seg (Standard Norge, 2009). Minimum virketid for ledesystemet bestemmes ut i fra hvilken brannklasse bygget klassifiseres i, det vil si at ledesystemet må fungere i den tiden som er nødvendig for rømning og redning (Direktoratet for byggkvalitet, 2010). I følge VTEK 10 skal ledesystem i byggverk plassert i brannklasse 1 fungere i minst 30 minutter og i byggverk plassert i brannklasse 2 og 3 fungere i minst 60 minutter etter utløst alarm eller ved strømbrytning (Direktoratet for byggkvalitet, 2010).

Ledesystemet skal monteres så sammenhengende og uavbrutt som mulig i rømningsveiene. Ledelinjen er den komponenten som bidrar med kontinuiteten i ledesystemet. Ledelinjer skal plasseres på et lavt nivå, på gulv eller vegg, og skal være synlig over en avstand på inntil 30 meter. Brudd i ledelinjen skal ikke være større enn 0,2 meter, med mindre det er plassert dører i rømningsveien, da aksepteres brudd på høyst 1 meter. Hvis rømningsveien er mindre enn 2,0 meter bred, er det tilstrekkelig med ledelinje på en side av rømningsveien. I rømningsveier som inneholder hindringer eller arkitektoniske elementer, skal ledelinjer lede personer forbi disse. Når ledelinjer brukes i trapperom skal konturene merkes med ledelinje på vegg, og det skal merkes hvor nivåendringer starter og slutter.

Den horisontale delen av trappetrinnet skal merkes eller belyses, og det anbefales i tillegg å merke eller belyse den vertikale delen. I områder der rømning skjer oppover i trapperom, skal opptrinn merkes (Standard Norge, 2009).

For å sikre best mulig synlighet ved middels til lange betrakningsavstander, fra 10 til 30 meter, skal det benyttes høyt monterte skilt. Disse skiltene skal angi retningsendringer, utgangsdører, mellomnivåer og endelig bestemmelsessted langs rømningsveien. Alle dører beregnet for bruk i en nødsituasjon skal merkes med høyt monterte markeringsskilt, og om nødvendig skal høyt monterte retningsskilt plasseres langs rømningsveier for å angi rømningsretningen (Standard Norge, 2009).

2.2.1 Etterlysende ledesystem

Et etterlysende ledesystem er et ledesystem bestående av etterlysende komponenter som skilt og ledelinjer (Standard Norge, 2009). Stalheim¹ kan fortelle at grunnstoffet som brukes i etterlysende produkter heter Strontium. Grunnstoffet har en gul eller grønn farge og utvinnes fra gruver i Kina. Produktene lages ved å tørke og male Strontiumet, for deretter å tilsette Epoxy eller Poleytan som bindestoff. Polykarbonat helles til slutt i blandingen som en beskyttelsesfilm.

De etterlysende komponentene fungerer på den måten at under belysning av en gitt lysmengde med en viss energi, vil materialet produsere og sende ut fotoner (elektromagnetisk stråling) som det menneskelige øyet er i stand til å oppfatte. Mennesker vil tolke disse fotonene som gløding fra materialet. I forhold til normalbelysning i byggverk er gløding fra etterlysende komponenter svake og vil ikke oppfattes før det er mørkt i rommet (Storesund, Mikaelen, & Ishol, 2014).

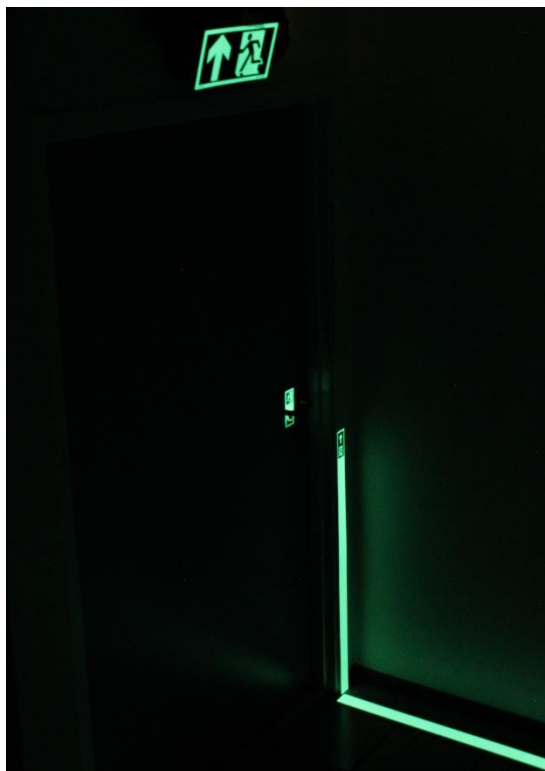
For et etterlysende ledesystem er det viktig at komponentene sikres tilstrekkelig oppladning slik at de fungerer ved en rømnings situasjon. Belysning er viktig slik at tilstrekkelig kvalitet og ladetid sikres. Dette må spesielt tas hensyn til i byggverk hvor det er bruk av nattbelysning eller strømsparing, da de etterlysende komponentene vil utlades når de ikke blir belyst. Ved normale driftsforhold vil rømningsveiene i et byggverk stort sett være sikret en dekkende belysning i allmennbelysningen (Standard Norge, 2009).

Etterlysende komponenter vil forbli synlige så lenge luminansnivået er over 2 mcd/m², men forhold som avstand, plassering, utforming, skilt- og piktogramstørrelse, glødeegenskaper, omgivelser og røyk vil kunne påvirke synligheten (Standard Norge, 2009). Det er derfor viktig at de etterlysende komponentene har tilstrekkelig luminans slik at ledesystemet sikres tilfredsstillende egenskaper. Luminans vil si hvor lys en flate er, og kravene til luminans avhenger av hvilken brannklasse et byggverk er i. «*Etterlysende komponenter som er montert i et byggverk, skal ha luminansverdier $L = 10 \text{ mcd/m}^2$ etter 30 min i Brannklasse 1 og 60 min i Brannklasse 2 og 3 når komponentene er fulladet (>85%). For bygninger i brannklasse 4 skal luminansverdien tilpasses rømningstiden.*» (Standard Norge, 2009, s. 15). Disse kravene er basert på ledelinjer som er 50 mm brede (Standard Norge, 2009).

Et etterlysende ledesystem består av lavtsittende ledelinjer/-punkter og høythengende retnings- og markeringsskilt, samt mellommarkering av dører og merking av sikkerhetsinformasjon. Markering av dører i rømningsvei og dør til nødutgang skal bestå av lister på karmene som er minst 25 mm brede, samt merking av dørvidere eller annen åpningsinnretning. For énfløyede dører er det tilstrekkelig med kun markering av karmen nærmest dørklinken, så lenge døren er mindre enn 15M. Alle dører større enn 15M skal

¹ Tom Stalheim i Stalheim Brannvern AS. Telefonsamtale 10.03.2017.

merkes på karmene på begge sidene. Merking av dørvidere/åpningsinnretning skal vise hvordan døren åpnes (Standard Norge, 2009). Figur 2 viser hvordan en énfløyd dør skal merkes.



Figur 2 - Markering av dør, eget bilde

Et etterlysende ledesystem vil med bakgrunn i tidligere gjennomførte forsøk gi en tryggere og raskere evakueringssituasjon enn et elektrisk basert ledesystem (SINTEF Byggforsk, 2003).

Fordeler med et etterlysende ledesystem er at komponentene krever minimalt med vedlikehold og ettersyn, samt at sannsynligheten for at komponentene svikter under en krisesituasjon er liten. Det vises også at etterlysende linjemerking vil være den beste løsning i et røykfylt rom, da den kontinuerlige ledelinjen enkelt kan følges ut til sikkert sted, noe som gir god ledeeffekt (SINTEF Byggforsk, 2003).

En ulempe med etterlysende komponenter per dags dato er at de er avhengig av en tilstrekkelig lystilførsel for fullstendig oppladning og ledeeffekt. Dette kan ses på som en svakhet, da mange bygg er mørklagte eller har sensorisk strømsparing blant annet på kveld og natt (Lyskultur, 2011). Anfinsen² kan fortelle at ved bruk av et etterlysende ledesystem kreves det et godt samspill mellom ulike fagdisipliner i prosjekterings- og utføringsfasen. Dette gjelder spesielt de som skal prosjektere ledesystemet og de som skal prosjektere det elektriske. Plassering av lamper og lysstyring vil påvirke hvordan lyset treffer ledesystemet og det er derfor viktig at monteringer blir som avtalt. Det er også viktig at de som skal bruke bygget er gjort kjent med hvorfor lamper og lysstyringer er som de er slik at det ikke blir gjort endringer uten avtale med den som har prosjektert ledesystemet.

² Øystein Anfinsen i Firesafe. Telefonsamtale 04.05.2017.

2.2.2 Elektrisk ledesystem

Hovedfunksjonen til et elektrisk ledesystem er å sikre at rømningsveiene er godt synlige i en nødsituasjon. Komponentene i et elektrisk ledesystem kan være belyste eller gjennomlyste (SINTEF Byggforsk, 2003). Elektriske komponenter skal ha en sekundær strømforsyning i tilfelle den primære strømforsyningen svikter (Standard Norge, 2009). Den sekundære strømforsyningen kan være sentralisert eller desentralisert. Ved sentralisert strømforsyning baseres driften på en stor batteribank eller et generatorsystem som ikke omfatter armaturen (utstyr, tilbehør). En desentralisert strømforsyning omfatter sekundær strømtilførsel der hver armatur eller skiltbelysning har en egen batteriback-up (SINTEF Byggforsk, 2003). Den sekundære strømforsyningen skal forsyne komponentene med strøm i en gitt bruksperiode, fordelt etter risikoklasse. Hvis de elektriske komponentene ikke er aktive i normaldrift, skal de aktiveres og oppnå krav til lysverdi i løpet av 5 sekunder ved en nødsituasjon (Standard Norge, 2009).



Figur 3 - Elektrisk markeringsskilt, eget bilde

En positiv egenskap ved elektriske komponenter er at ledelys bidrar til god orientering ved å lyse opp rømningsveien og synliggjøre vegger, gulv og tak (SINTEF Byggforsk, 2003).

Et elektrisk ledesystem krever mer vedlikehold enn et etterlysende ledesystem og har større sannsynlighet for svikt under en krisesituasjon, grunnet en mer avansert oppbygning. Et elektrisk ledesystem vil heller ikke fungere like bra i røykfylte rom som etterlysende ledesystem, da høythengende elektriske komponenter fort blir tildekket av røyk. Lyset fra elektriske komponenter vil i tillegg bli forstyrret av røykpartiklene og svekker synligheten til komponentene i mye større grad enn lys fra etterlysende komponenter (SINTEF Byggforsk, 2003).

2.2.3 Kombinasjon av etterlysende og elektriske komponenter

I følge NS 3926-1:2009, punkt 8, skal ikke elektriske og etterlysende komponenter kombineres i én branncelle. Noen unntak er gitt i NS 3926-1:2009:

- «Lokaler med høy persontetthet, der det er nødvendig med belysning for å redusere muligheten for panikk blant publikum (idrettshaller, gymsaler, forsamlingslokaler, kjøpesentre osv.);
- Lokaler som ikke betjenes i normal drift (tekniske rom, kulverter, kjellerboder, loft osv.)» (Standard Norge, 2009, s. 16).

Hvis høythengende elektriske skilt kombineres med etterlysende komponenter i bruksarealer, skal de dempes automatisk i mørke omgivelser ved strømbrudd (Standard Norge, 2009).

Sikkerhetsmessige, tekniske og økonomiske betraktninger kan påvirke den endelige løsningen når det kommer til montering av et kombinert ledesystem. I idrettshaller, forsamlingslokaler, kjøpesenter og andre lokaler med store folkemasser vil ikke et etterlysende ledesystem i seg selv gi en tilfredsstillende ledefunksjon. I områder der mange personer oppholder seg vil persontettheten kunne medføre at etterlysende linjemerking på gulvnivå blir mindre synlig. Det kan derfor være en aktuell løsning å montere et kombinert ledesystem med elektriske og etterlysende komponenter (Norsk Lysteknisk Komité, 2013).

2.3 Måling av etterlysende ledesystem

Når det skal utføres målinger av etterlysende komponenter skal det gjennomføres målinger i minimum 3 prøvepunkter som dekkes av samme belysning. Hvert av punktene skal ha en diameter på minst 30 mm for at luminansmålingen skal være nøyaktig. Luminans måles i candela per kvadratmeter (cd/m^2) (Standard Norge, 2009).

Det er viktig at luminansmålingene gjennomføres med de lyskilder/ladelys som opprinnelig er montert i byggverket. Det er derfor viktig at annen belysning fra eksempelvis vinduer, gatelys og andre bygninger blendes og dekkes til for å unngå at dette påvirker resultatene. Lysverdier må derfor kontrolleres for hvert av punktene ved måling av belysningsstyrke i lux med en kalibrert lysmåler (Standard Norge, 2009).

Det er viktig at de etterlysende komponentene er oppladet til minimum 85% med opprinnelig ladelys i bygget før forsøkene gjennomføres. Luminansmålingene skal gjennomføres over et gitt tidsintervall med en luminansmåler som er kalibrert for måling av luminans. På det etterlysende ledesystemet skal luminans måles etter 10, 30 og 60 minutter etter oppladning av de etterlysende komponentene (Standard Norge, 2009).

2.4 Ulike branntyper og røykutvikling

En brann vil ikke ha en uniform brannutvikling, og vil derfor ikke opptre likt under hvert brannforløp. Det er ulike typer branner, hvor det skilles mellom hovedtypene; flamme-, gløde- og ulmebrann. De forskjellige branntypene vil ha ulik røykutvikling (Store Norske Leksikon, 2013).

Flammebrann er forbrenning av brensel i gassfase, der det er synlige flammer. En glødebrann vil være en forbrenningsprosess i et fast materiale uten flammer, men med produksjon av lys og varme. En ulmebrann er forbrenning uten lys som ofte vil resultere i store røykmengder (Store Norske Leksikon, 2013).

For at en brann skal kunne oppstå kreves brennbart materiale, oksygen, varme og kjedereaksjoner. Med kjedereaksjon menes nødvendige mellomliggende kjemiske prosesser som er nødvendige for at forbrenningen opprettholdes. I en rombrann vil også byggets utforming, samt eventuelle brannsikringstiltak kunne påvirke brannforløpet (Hagen, 2014).

Ut ifra tilgang på overnevnte nødvendige elementer i en brann, skilles det mellom en fullstendig- og en ufullstendig forbrenning. I de tilfeller hvor alt brensel og oksygen brukes er det en fullstendig forbrenning, og motsatt en ufullstendig forbrenning når en av de to komponentene ikke blir oppbrukt (Hagen, 2014).

En brann kan ses på som en ukontrollert forbrenning, som ofte vil bestå av ufullstendige forbrenningsprosesser. En ufullstendig forbrenning vil medføre produksjon av mange kjemiske restprodukter som kan gi en kraftig røykutvikling. Kjemiske restprodukter fra en brann vil inneholde mange forskjellige giftige stoffer som utgjør en stor fare for mennesker ved innånding (Hagen, 2014).

2.5 Røyk og menneskelig oppførsel i brannrøyk

Sikt er en viktig faktor under rømning, og røyktetthet vil i stor grad kunne påvirke tilgjengelig sikt. Røyk kan defineres som en blanding av forbrenningsprodukter og luft i en røyksøyle (Philip J.DiNenno, 2008). «*Røyk består av svevende partikler av faste stoffer, væskedråper og gasser som er produsert som følge av pyrolyse eller forbrenning, samt luft som blandes med forbrenningsproduktene*» (Hagen, 2014, s. 227). Varme røykgasser vil stige oppover på grunn av oppdriftskrefter som skyldes at varm luft har lavere massetetthet enn kald luft. I et byggverk vil røykgassene danne ett røyksjikt/røyklag langs tak, som vil øke i tykkelse, varme og trykk under et brannforløp (Direktoratet for byggkvalitet, 2000).

Kjennskap til bygget vil være avgjørende for hvordan personer påvirkes av dårlig sikt, der en person som er kjent i bygget vil kunne evakuere under svært dårlige siktforhold. Fra tidligere gjennomførte forsøk vises det at det finnes primært to årsaker til en drastisk nedgang i sikt grunnet røyk. Den første årsaken er når lysstrøm fra elektriske skilt og dens bakgrunn forstyrres av røykpartikler slik at intensiteten reduseres når den treffer øyet til en person. Den andre årsaken er at lysstrømmen reflekteres og spres fra hovedbelysningen og reflekteres av røykpartikler (Philip J.DiNenno, 2008).

Røyk er en stor årsak til at mennesker dør under brann, og det finnes svært ofte omkommende mennesker liggende i korridorer og trapperom etter store branner. Det viser at personer ikke lar seg stoppe av røyk i rømningsvei, så lenge de tror de kommer til frihet (Philip J.DiNenno, 2008).

2.6 Tidligere forsøk

Det er tidligere gjennomført forsøk og studier for å undersøke hvordan elektriske og etterlysende ledesystem fungerer, og hvordan de påvirker rømningstid og sikt under en eventuell evakuering. Rapportene konkluderer med at det er et behov for å gjennomføre forsøk der elektrisk og etterlysende ledesystem kombineres i en rømningsvei, og at blandingseffekten av disse undersøkes. Under blir det gitt en kort beskrivelse av to utvalgte relevante rapporter.

2.6.1 SP Fire Research

SP Fire Research har utført et litteraturstudie der det fastsettes et teoretisk brannteknisk grunnlag som bør brukes ved vurdering av ytelser og ytelsesnivå som VTEK angir for et ledesystem. Videre kartlegges det eventuelle mangler i eksisterende regelverk, standarder og veiledninger (Storesund, Mikaelen, & Ishol, 2014).

I rapporten til SP Fire Research ble det avdekket at det manglet forskning på enkelte områder. Et av disse områdene var kombinasjonsstudier ved bruk av både etterlysende og elektriske komponenter i samme branncelle for å undersøke blandingseffekten. SP Fire Research fant ingen publikasjoner på forskning som beskriver denne effekten, men kombinasjonen omtales i NS 3926-1:2009. Det anbefales derfor at det utføres studier og/eller forsøk på dette området for å gi et bedre grunnlag til å vurdere effekten av kombinasjonen av etterlysende og elektriske komponenter (Storesund, Mikaelen, & Ishol, 2014).

2.6.2 Masteroppgave i prosessteknologi UiB/HSB

En masteroppgave i prosessteknologi ved Universitet i Bergen og Høgskolen Stord/Haugesund, skrevet av Ingunn Haraldseid, undersøker forskjellen ved bruk av elektrisk ledesystem og etterlysende ledesystem. Ledesystemene er testet i et trapperom, med og uten røyk. Persongrupper av forskjellige størrelser evakuerte gjennom et trapperom under forskjellige scenarier med elektriske eller etterlysende komponenter. Forsøkene ble gjennomført både med og uten røyk, og rømningstiden for de forskjellige scenarioene ble målt og sammenlignet med resultater fra datasimuleringer (Haraldseid, 2013).

I rapporten konkluderes det med at et elektrisk ledesystem i scenarier både med og uten røyk vil gi en kortere rømningstid enn et etterlysende ledesystem. I scenarier med røyk følte likevel forsøkspersonene seg tryggere i rømningsveien med det etterlysende ledesystemet (Haraldseid, 2013).

I slutten av rapporten er det listet opp en del oppgaver som kan arbeides med i fremtiden. En av disse går ut på å kombinere høyhengende elektriske skilt og lavtsittende etterlysende ledelinjer for å se hvordan det vil kunne påvirke rømningstiden (Haraldseid, 2013).

3. Metode

3.1 Studie av relevant litteratur

Det skal gjennomføres et litteraturstudie med hovedfokus på følgende standarder og lover.

3.1.1 Relevante lover og standarder

NS 3926-1:2009 (Visuelle ledesystemer for rømning i byggverk - Del 1: Planlegging og utforming)

Denne standarden omhandler krav til bruk og utforming av ledesystemer med visuelle komponenter som brukes til evakuering i landbaserte byggverk. Standarden baserer seg på retningslinjer for visuelle ledesystem med etterlysende eller elektriske komponenter (Standard Norge, 2009).

NS 3926-2:2009 (Visuelle ledesystemer for rømning i byggverk - Del 2: Laboratoriemåling og måling på stedet av etterlysende produkter)

I denne standarden tas det utgangspunkt i ledesystemer for evakuering og den fastsetter krav og retningslinjer for målinger, samt at den fastsetter luminansytelser på etterlysende komponenter (Standard Norge, 2009).

prNS 3926-1:2016 (Visuelle ledesystemer for rømning i byggverk - Del 1: Planlegging og utforming)

Dette er et forslag sendt inn til høring som en revidert 2. utgave av overnevnte standard NS 3926-1:2009 og NS 3926-2:2009 (Standard Norge, 2016).

Byggteknisk forskrift (TEK10) med veiledning (VTEK10)

Byggteknisk forskrift gir tekniske lovkrav for byggverk, som innebærer minimumsegenskaper et byggverk må inneha for å oppføres på en lovlig måte i Norge. Veiledningen utdypet kravene i forskriften, samt foreslår på hvilke måter forskriftskravene kan oppfylles i praksis med preaksepterte ytelser. Veiledningen gir også forslag til hvordan bygg kan oppnå en bedre teknisk stand enn minimumskravene gitt i forskrift, noe som er ønskelig for oppnåelse av tilfredsstillende sikkerhet (Direktoratet for byggkvalitet, 2010).

I veiledning til byggteknisk forskrift kapittel 11, sikkerhet ved brann, omtales krav til ledesystem i et byggverk i § 11-12. Tiltak for å påvirke rømnings- og redningstider i tredje ledd:

«I byggverk med mange personer eller hvor flukt- og rømningsveiene kan være lange og ha retningsendringer, skal rømningsveiene ha god belysning og være merket slik at rømning kan skje på en rask og effektiv måte. Store byggverk og byggverk beregnet for et stort antall personer, samt byggverk beregnet for virksomhet i risikoklasse 5 og 6, skal ha ledesystem»
(Direktoratet for byggkvalitet, 2010, s. 50).

Det er viktig at byggets størrelse og personantall er utslagsgivende for valg av type ledesystem. Et ledesystem må omfatte ledelinjer i form av kontinuerlige lavtsittende komponenter og skal prosjekteres og utføres i samsvar med standard NS 3926. Videre stilles det krav til at skilt plasseres over alle utganger, både til og i selve rømningsveien, og at generell rømningsmerking er synlig fra alle steder (Direktoratet for byggkvalitet, 2010).

3.1.2 Annen relevant litteratur

Lyskultur publikasjon nr. 7 – Nøddlys/ledesystemer

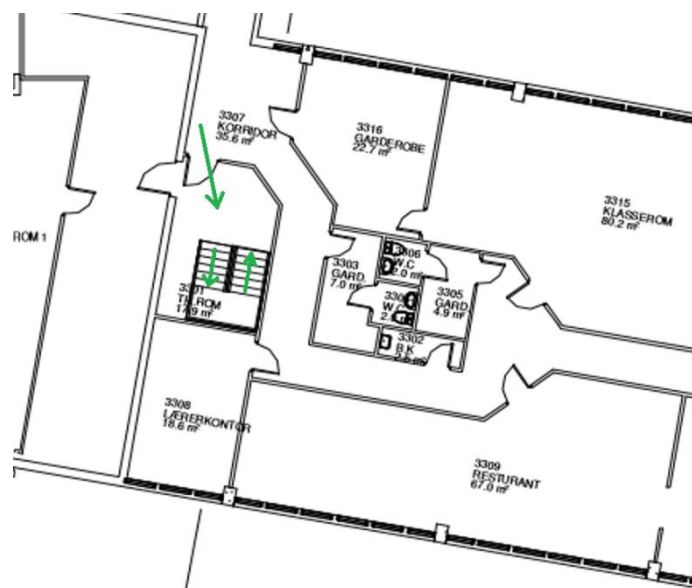
Formålet med denne publikasjonen er at den skal være en veileder og gi råd for prosjektering og utførelse av nøddlys og/eller ledesystemer. De tilfellene hvor en kombinasjon av etterlysende og elektriske komponenter kan brukes i samme branncelle omtales i publikasjonen og det gis en anbefaling for utforming av disse systemene. Publikasjonen gir videre en oversikt over kvaliteter og begrensinger de forskjellige systemene har innenfor gitte bruksområder, med gjeldende lovkrav og normer. Lovkravene som publikasjonen tar utgangspunkt i er standarder som NS 3926, NS-EN 1838, NEK EN 50171 og NEK EN 60598 (Norsk Lysteknisk Komité, 2013).

3.2 Gjennomføring av forsøk og spørreundersøkelse

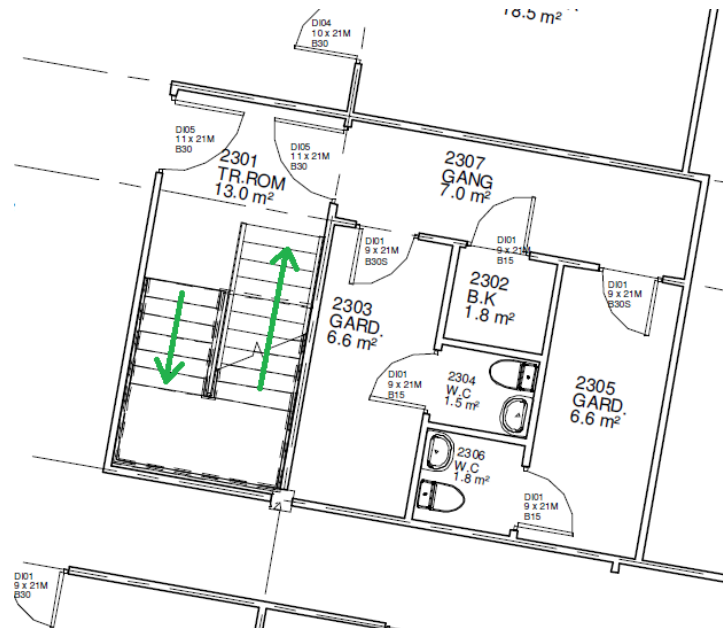
Som en del av arbeidet med rapporten skal det gjennomføres to forsøkssett med henholdsvis seks og tre forsøk. I det første forsøkssettet skal det gjennomføres seks forsøk med bruk av forskjellige ledesystem, for å undersøke hvordan utformingen påvirker den nødvendige rømningstiden. I det andre forsøkssettet skal det gjennomføres tre forsøk for å se hvordan elektriske komponenter påvirker etterlysende komponenter, i et ledesystem bestående av en kombinasjon av disse. I begge forsøkssettene skal det gjennomføres forsøk både med og uten røyk for å se hvilken innvirkning en eventuell røykutvikling vil ha på rømningsforholdene. Alle forsøkene skal gjennomføres ved Sandsli videregående skole i Bergen.

Sandsli videregående skole er en offentlig skole som ligger på Sandsli i Ytrebygda bydel, 16 km fra Bergen sentrum. Skolebygget er formet som en stor H, med 5 bygningsfløyer og har et brutto bruksareal på 8000 m², med en grunnflate på 3300 m² fordelt over 3 etasjer. Sandsli videregående skole åpnet i 1994, og har 540 elever fordelt på 8 programområder (Hordaland Fylkeskommune, 2017).

I det første forsøkssettet skal det brukes et trapperom i fløy 3, samt en gang som fører til en tilhørende korridor i 1. etasje av bygget. Trapperommet har et areal på 13 m² og en høyde over 3 plan på cirka 10 m, som gir et volum på 130 m³. Korridoren har en lengde på rundt 34 m og en bredde på 1,5 m. Se figur 4-6 for oversikt over rømningsvei. For det andre forsøkssettet skal det brukes to korridorer i fløy 3, en korridor i 1. etasje og en korridor i 2. etasje.



Figur 4 - Rømningsvei plan 3



Figur 5 - Rømningsvei plan 2



Figur 6 - Rømningsvei plan 1

3.2.1 Påvirkning på nødvendig rømningstid

Sikring av optimale rømningsforhold vil bidra til redusert nødvendig rømningstid ved at forflytningstiden blir kortere. For å undersøke hvordan komponenter i et ledesystem påvirker den nødvendige rømningstiden skal det gjennomføres seks forsøk. I hvert forsøk skal det samme trapperommet og korridoren ved Sandsli videregående skole brukes for å evakuere et bestemt antall personer, der tiden for hvert forsøk skal loggføres. I det første forsøket skal det kun brukes etterlysende komponenter, i det andre forsøket skal det brukes en kombinasjon av elektriske og etterlysende komponenter, og i det tredje forsøket skal det kun brukes elektriske komponenter. For forsøket med en kombinasjon av elektriske og etterlysende komponenter skal det brukes høythengende elektriske retnings- og markeringsskilt, lavtsittende etterlysende ledelinjer og –punkter, samt etterlysende markering av dører. Når de tre første forsøkene er gjennomført skal de samme forsøkene gjennomføres enda en gang, men denne gangen med røyk i både trapperom og korridor. Årsaken til at forsøkene skal gjennomføres i den oppgitte rekkefølgen er for å redusere den

totale tiden brukt på forsøkene. Det må tas hensyn til både oppladningstid for de etterlysene komponentene og tid som brukes på røykfylling. Det antas at det vil ta like lang tid å fjerne de etterlysene komponentene som å dekke de til, da komponentene kun er festet med tack-it. Det anses derfor som mest hensiktsmessig å fjerne det etterlysene ledesystemet når det ikke er i bruk. Vurderingen er da at den oppgitte rekkefølgen for forsøkene er den som vil ta kortest tid.

Før forsøkene kan gjennomføres må trapperommet og korridoren forberedes. Trapperommet og korridoren som skal brukes til forsøkene har allerede installerte høyhengende elektriske skilt fra Glamox, se vedlegg 5.1. Ved gjennomføring av forsøkene er det ønskelig å lede deltakerne en annen vei enn den tiltenkte rømningsretningen. Dette av praktiske årsaker som mulighet til røykfylling. På grunn av dette er det nødvendig å dekke til noen av de eksisterende elektriske komponentene og henge opp noen med nye retningsanvisninger. Disse skiltene er av typen Beghelli ART:993-8SA1N, se vedlegg 5.6. Plasseringen av de eksisterende elektriske komponentene er i henhold til NS 3926, slik at de kan brukes under forsøkene. De elektriske komponentene som skal henges opp midlertidig under forsøkene blir også hengt opp i henhold til NS 3926. De elektriske skiltene er plassert over dørene, samt plassert for å vise retningsendringer. Etterlysene ledesystem må installeres i trapperommet og korridoren i henhold til NS 3926. Her skal det brukes ledelinjer, ledepunkter, skilt og dørmerking fra produsenten Smart Signs, se vedlegg 5.4. Langs gulv skal det i korridor og yttersiden av trapperepos brukes ledelinjer, mens det i trappene og langs innsiden av trapperepos skal brukes ledepunkter. En liten del av korridoren er over 2 m bred, slik at det her skal brukes ledelinjer på hver side. Den resterende delen av korridoren har kun ledelinje på den ene siden. Når de etterlysene eller elektriske komponentene ikke skal brukes under et forsøk, blir de henholdsvis fjernet eller dekket til med svarte søppelsekker.

Trapperommet som skal brukes under forsøket er helt lystett slik at det ikke er behov for tilrettelegging der. I korridoren er det derimot dørsprekker som slipper inn lys. Dørsprekken skal dekkes til med svarte søppelsekker og gaffateip. Det er likevel ikke mulig å få det helt lys- og røyktett, slik at dette må anses som en feilkilde.

Før gjennomføring av forsøkene med røyk skal både korridoren og trapperommet røykfylles. Det skal her brukes en Trainer 201 røykmaskin med tilhørende røykvæske, se vedlegg 5.5. Etter gjennomføring av forsøk med etterlysene ledesystem og kombinert ledesystem er det en pause hvor de etterlysene komponentene skal fjernes. I løpet av denne tiden vil røykmengden i trapperom og korridor reduseres mye, og det er behov for påfylling av røyk. Røykfyllingen blir basert på subjektive oppfatninger og observasjoner av ønsket mengde røyk i korridor og trapperom.

Til forsøkene er det behov for frivillige som kan evakuere gjennom trapperommet. Deltakerne er i alderen 12 til 81 år, og er i all hovedsak ikke kjente med utformingen av rømningsveien før forsøkene. Det skal ikke gis ut informasjon før evakueringen starter.

Under forsøket starter deltakerne i 3. etasje ved døren inn til trapperommet. De skal evakuere ned to etasjer i trapperommet, til 1. etasje, før de skal svinge 180 grader gjennom en gang og ut i korridoren. De ender da opp ved en dør ut til et område som er bestemt til «sikkert sted». Tiden skal tas fra den første deltakeren går inn i trapperommet til den siste deltakeren kommer ut fra korridoren, samt tidsdifferansen mellom hver forsøksperson som kommer ut fra korridoren. Av sikkerhetsmessige årsaker skal en person som kjenner til rømningsvei og gjennomføringen av forsøkene være med på evakueringen, slik at vedkommende kan hjelpe til om noen skulle trenge bistand. Denne personen er også en viktig observatør under forsøkene. Etter gjennomføring av hvert forsøk skal deltakerne

fylle ut et spørreskjema som skal brukes i evalueringen av ledesystemene, se vedlegg 1 og vedlegg 2.

3.2.2 Elektriske komponenters påvirkning på etterlysende komponenter

For å undersøke hvordan elektriske komponenter påvirker de etterlysende komponentene skal det gjennomføres tre forsøk med luminansmålinger på de etterlysende komponentene. En luminansmåling skal utføres på et etterlysende ledesystem og to luminansmålinger skal utføres på et ledesystem bestående av en kombinasjon av høythengende elektriske komponenter og lavtsittende og mellomtsittende etterlysende komponenter. For sistnevnte skal det gjennomføres et forsøk med røyk og et forsøk uten røyk. Luminansmålingene skal gjennomføres i henhold til NS 3926, med faghjelp av Firesafe. I forsøkene skal det brukes 5-6 målepunkter på det etterlysende ledesystemet for å få et representativt utvalg å basere resultatene på. Dette er flere målepunkter enn hva som er angitt i standarden, se kapittel 2.3.

Korridorene som skal brukes er ikke identiske, men overflatene og lyskildene i korridorene er like slik at det antas at dette ikke vil ha noe stor påvirkning på resultatene. Det argumenteres for dette under kapittel 5.1.1.

I tillegg til luminansmålingene skal det gjennomføres luxmålinger for å ha kontroll på hvor mye lys som treffer de etterlysende komponentene. Luminansmåleren som brukes under forsøkene er en Hagner digital luminance meter ERP-105 No. 3153, se vedlegg 5.2, og luxmåleren som brukes er en Hagner digital luxmeter, se vedlegg 5.3.

I korridorene er det som nevnt i kapittel 3.2.1 allerede installert høythengende elektriske komponenter. Disse skal benyttes under forsøkene. Etterlysende komponenter skal installeres i henhold til NS 3926. Før gjennomføringen av målingene, både med og uten røyk, skal det sørges for at de elektriske komponentene er tilkoblet strøm og at de etterlysende komponentene er tilstrekkelig oppladet. Under forsøkene skal alt av ekstern belysning i korridor og trapperom dekkes til eller blendes.

Siden det skal brukes to korridorer kan det utføres forsøk parallelt. I korridoren i 2. etasje skal det først gjennomføres luxmålinger og luminansmålinger på et etterlysende ledesystem. Disse målingene skal gjøres slik at de kan brukes som sammenligningsgrunnlag. Før målingene skal gjennomføres blir elektriske komponenter i korridoren dekket til.

I korridoren i 1. etasje skal det gjennomføres luminansmålinger på et kombinert ledesystem med høythengende elektriske skilt og lavtsittende etterlysende ledelinjer, samt etterlysende markering av dør, med røyk. Det skal først gjøres luxmålinger, før korridoren fylles med røyk. Videre skal det gjøres nye luxmålinger, før lyset skal slukkes og luminansmålingene skal gjennomføres.

I 2. etasje skal det også gjennomføres luxmålinger og luminansmålinger på et kombinert ledesystem uten røyk. Det skal også her benyttes høythengende elektriske skilt og lavtsittende etterlysende ledelinjer, samt etterlysende markering av dør.

Det skal gjennomføres luminansmålinger i 5 punkter for det kombinerte ledesystemet og i 6 punkter for det etterlysende ledesystemet. For begge ledesystemene skal det gjøres målinger på vertikalgående linje som markerer dør, dørvrider, og gulvlinje nr. 1, 3 og 5 fra dør. Den første gulvlinjen skal plasseres med kortsiden mot veggen døren står i og ligge langs veggen i korridoren. Den andre gulvlinjen legges med 15 cm. avstand fra den første gulvlinjen, den tredje gulvlinjen legges med 15 cm. avstand fra den andre gulvlinjen, og så

videre. For det etterlysende ledesystemet skal det i tillegg gjøres luminansmålinger på skilt over dør. Luxmålingene skal gjennomføres på de samme plassene.

For forsøket i 1. etasje og det første forsøket i 2. etasje vil de etterlysende komponentene få en oppladningstid på flere timer. Dette fordi ledesystemet skal klargjøres dagen i forveien, og blir belyst fra de ansatte på skolen starter arbeidsdagen. For det andre forsøket i 2. etasje blir de etterlysende komponentene kun belyst i 15 minutter. 15 minutter er tilstrekkelig oppladningstid, se vedlegg 5.4, men variasjonen i oppladningstid i de forskjellige forsøkene kan ha en innvirkning på resultatene. Dette blir diskutert i kapittel 5.1.3.

I tillegg til luxmålingene som skal gjennomføres i forbindelse med luminansmålingene, skal det gjennomføres luxmålinger når lyset blir skrudd av for det kombinerte ledesystemet. Dette skal gjøres for å sjekke hvor mye av lyset fra de elektrisk komponentene som treffer de etterlysende komponentene, både med og uten røyk.

4. Resultat

4.1 Sammenligning av NS 3926:2009 og prNS 3926:2016

I 2016 ble det lagt ut en revisjon av NS 3926-1:2009 og NS 3926-2:2009, 1. utgave.

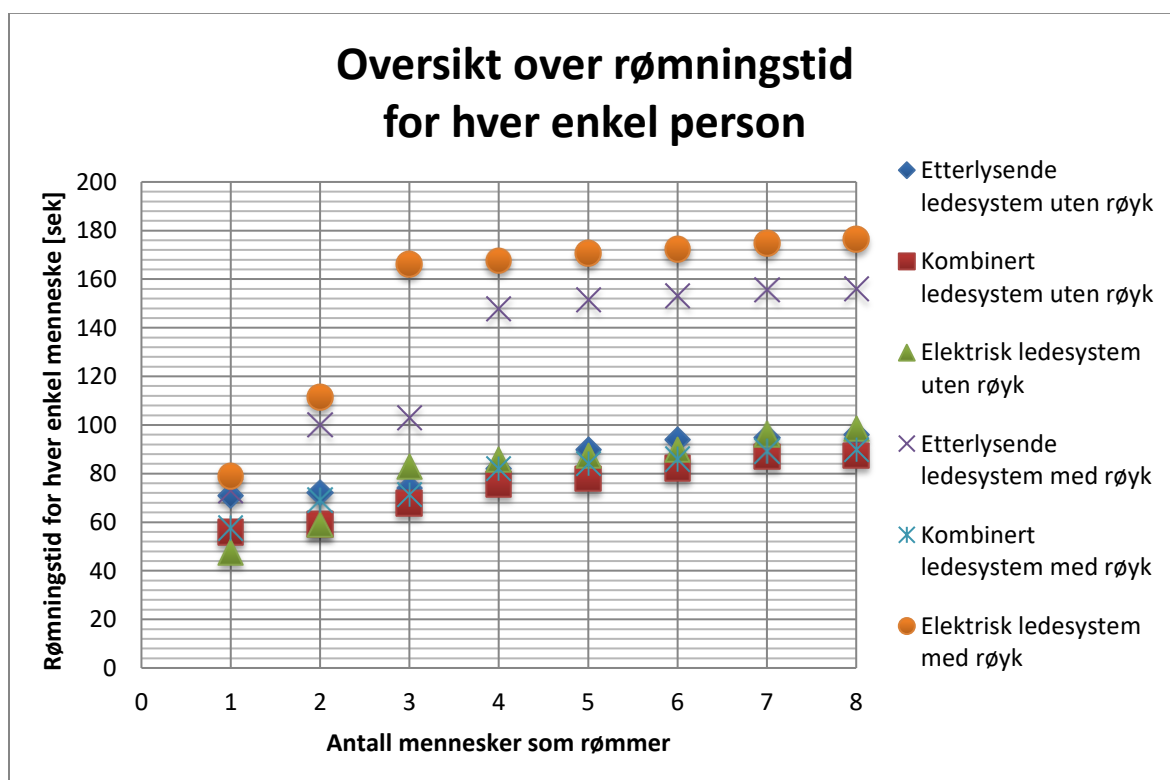
Forslaget er omarbeidet og revidert med bakgrunn i erfaringer fra bruk, og det er foretatt både tekniske og redaksjonelle endringer i flere punkter (Standard Norge, 2016).

Ved gjennomgang av NS 3926-1:2009 og NS 3926-1:2016 er det avdekket viktige forskjeller mellom utgavene fra 2009 og 2016. Den viktigste endringen i standardene som utgjør en sentral del for denne rapporten er at 2016-utgaven har fjernet tidligere punkt 8 i NS 3926-1:2009. Dette punktet omhandler spesielle krav til systemer med både elektriske og etterlysende komponenter, se kap. 2.2.3. Ved å fjerne dette kravet åpner det for tillatelse for montering av en kombinasjon av etterlysende og elektriske ledesystem i en og samme branncelle. I tidligere punkt 8 ble det også stilt krav til demping av lysstyrke fra høyt monterte elektriske skilt ved strømbrudd, der disse var i kombinasjon med etterlysende komponenter, se kap. 2.2.3. Når dette punktet er fjernet, er også kravet om dempet lysstyrke på elektriske komponenter, i kombinasjon med etterlysende komponenter, fjernet.

4.2 Nødvendig rømningstid og oppfattelse av ledesystemene

4.2.1 Nødvendig rømningstid

Ved hvert forsøk ble rømningstiden målt for hver person, se figur 7. Diagrammet viser rømningstiden til henholdsvis første person ut, andre person ut og så videre.

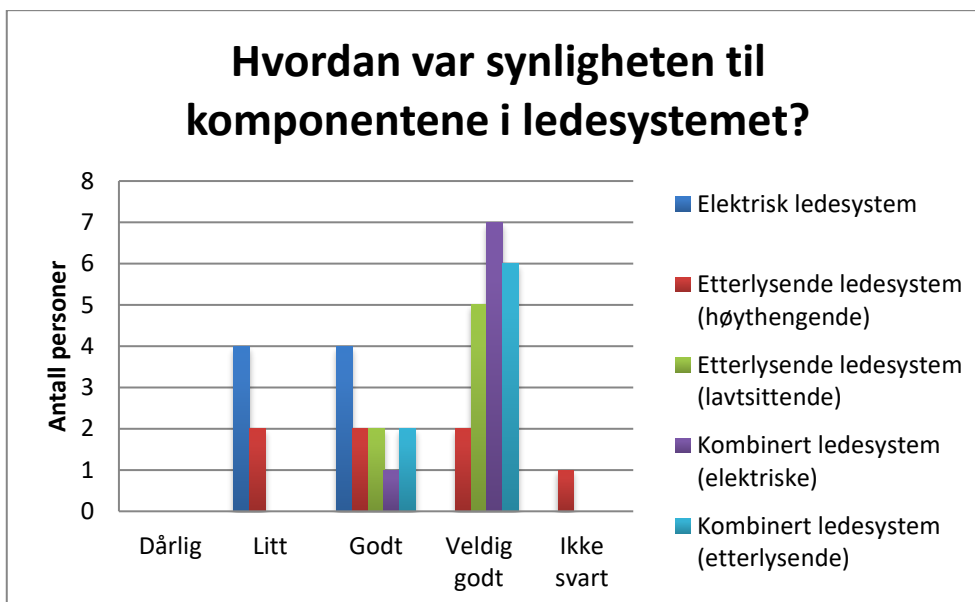


Figur 7 - Rømningstid for hvert forsøk

Figur 7 viser tydelig at rømningstiden i forsøkene med elektrisk og etterlysende ledesystem, begge med røyk, har tydelig lengre rømningstid enn de andre forsøkene. Resten av forsøkene ligger på omtrent samme plass, når det gjelder rømningstid.

4.2.2 Spørreundersøkelse – forsøk uten røyk

Her vises resultatene fra spørreskjemaene som deltakerne svarte på etter gjennomføring av hvert forsøk uten røyk. Svarene for hvert spørsmål settes sammen i et diagram for å få god oversikt over resultatene. Noen av resultatene vil ikke oppgis i denne delen, men finnes i vedlegg 3.1.



Figur 8 - Synligheten til ledesystemet – Forsøk uten røyk

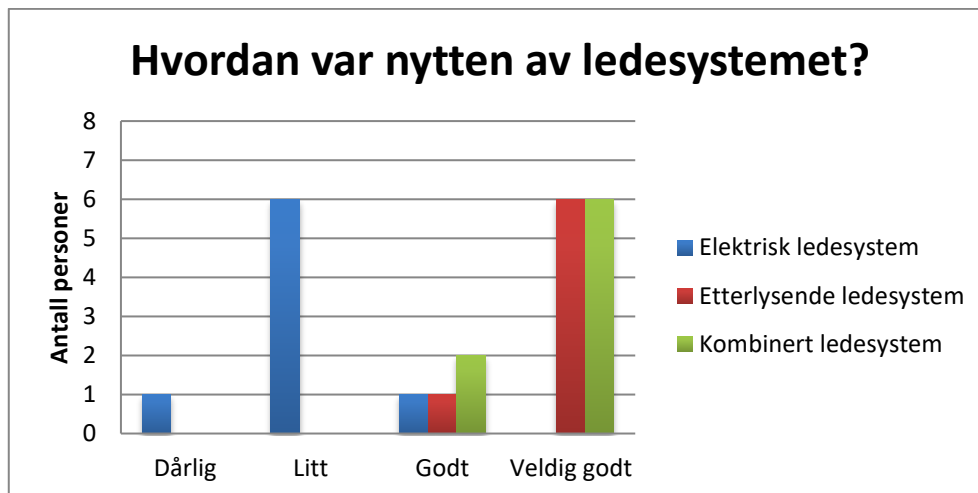
Figur 8 viser hva deltakerne syntes om synligheten til komponentene i ledesystemet under forsøkene. I forsøket med kombinert ledesystem var deltakerne forholdsvis enige om at begge komponentene var veldig godt synlig. Med etterlysende ledesystem var ledelinjene (lavtsittende) veldig godt synlige, mens synligheten til skiltene (høythengende) varierte ifølge deltakerne. Brukt alene fikk det elektriske ledesystemet tilbakemeldinger på at det var godt eller litt synlig.



Figur 9 - Synligheten til omgivelsene – Forsøk uten røyk

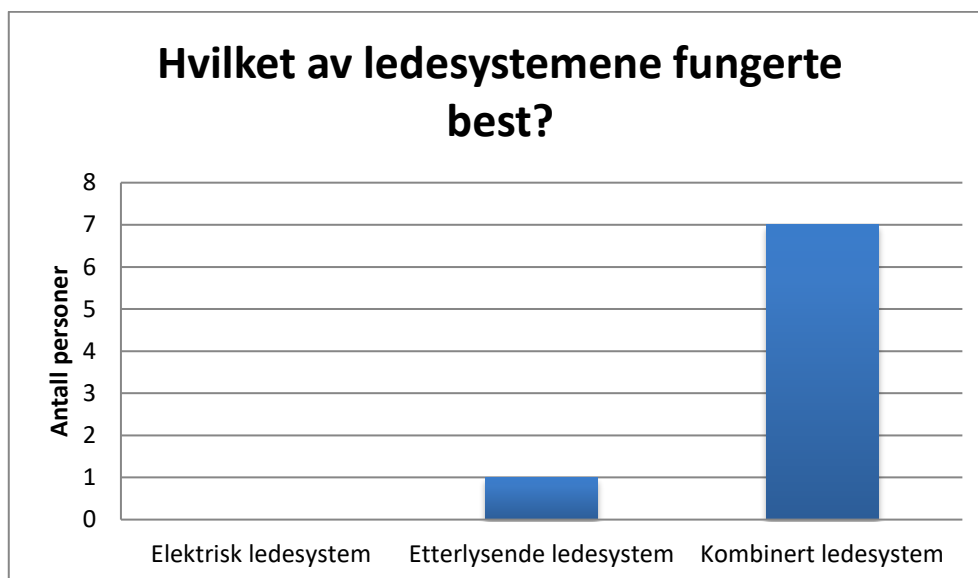
Figur 9 viser deltakerne sine meninger om synligheten til omgivelsene ved hvert forsøk. Synligheten var dårligst med bruk av elektrisk ledesystem, der store deler av rømningsveien var helt mørklagt. Synligheten i nærheten av de elektriske skiltene ble

derimot oppgitt å være god. Synligheten til omgivelsene ble litt bedre med det etterlysende ledesystemet, men samlet sett var synligheten til omgivelsene bedre med kombinasjon av etterlysende og elektrisk ledelsystem.



Figur 10 - Nyttien av ledesystemet – Forsøk uten røyk

Deltakerne syntes det var mest nyttig med kombinert ledelsystem og etterlysende ledelsystem, se figur 10. Det var i følge svarene minst nytte av det elektriske ledelsystemet.



Figur 11 - Hvilket av ledesystemene fungerte best? – Forsøk uten røyk

Deltakerne var overens mest fornøyd med det kombinerte ledelsystemet, se figur 11. Kombinasjonen lyste opp rømningsveien, gjorde dørene mer tydelig og gjorde det enklere å se hvor utgangen var.

Med bruk av elektrisk ledelsystem opplevde en stor del av deltakerne vansker med å se rømningsveien. De opplevde trapperommet som helt mørkt og kunne ikke se personer foran seg. Det var vanskelig å se trappetrinnene, som medførte en lav ganghastighet. Deltakerne brukte stemmen fra andre deltakere for å orientere seg, samt brukte beina for å famle seg fram til neste trappetrinn. Deltakerne syntes det var for lite lys i trapperommet. Noen av deltakerne opplevde usikkerhet og på enkelte tidspunkt visste de ikke hvilken vei de skulle gå. Noen hadde dårlig retningssans og måtte orientere seg etter neste ledelys, og noen kommenterte at de syntes det var mangel på ledelys siden det var så mørkt.

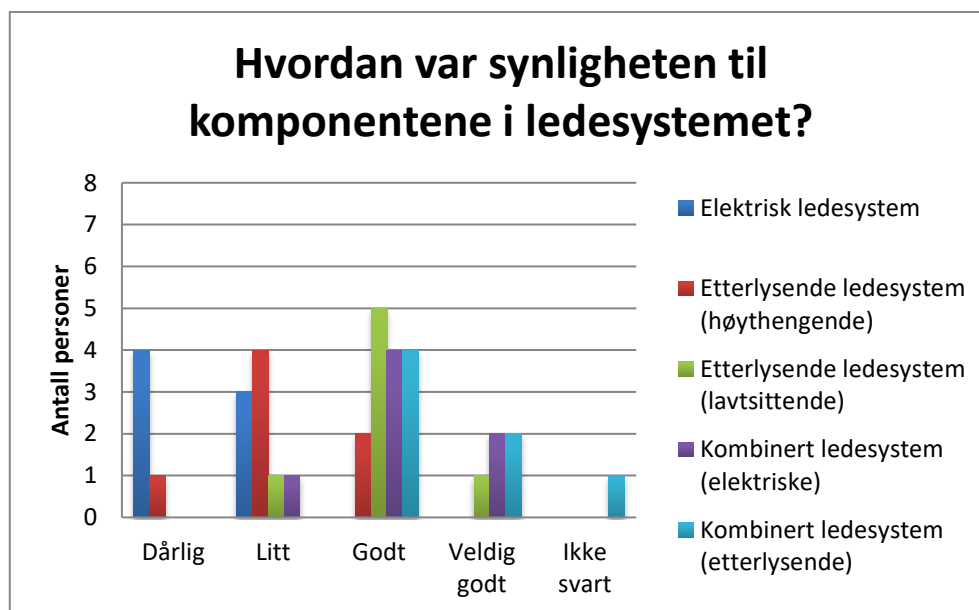
Under evakueringen ble det kommentert at enkelte deltakere syntes det var svært vanskelig å legge merke til det nederste trinnet i trapperommet og holdt på å falle på dette trinnet. De foreslo at det siste trinnet skulle merkes tydeligere og med annen type merking for å gjøre det lettere å forstå at dette er det siste trinnet.

Deltakerne ble spurt hvilke av komponentene i det etterlysende ledesystemet som hjalp å finne veien ut, og de fleste mente at ledelinjene hjalp mest. Dette fordi de tydelig kunne se hvor de skulle gå, da de automatisk så på linjene når de prøvde å se hvor de skulle sette beina.

Deltakerne oppga at de forholdt seg mest til de etterlysende ledelinjene siden det var kontinuerlig. Det ble kommentert at i forsøket med kombinert ledesystem var rømningsveien tydelig og personene så hvor de skulle gå. De elektriske skiltene lyste opp omgivelsene og dørene ble mer tydelig, men det ble kommentert at det etterlysende ledesystemet mistet noe av effekten når den var kombinert med elektriske skilt.

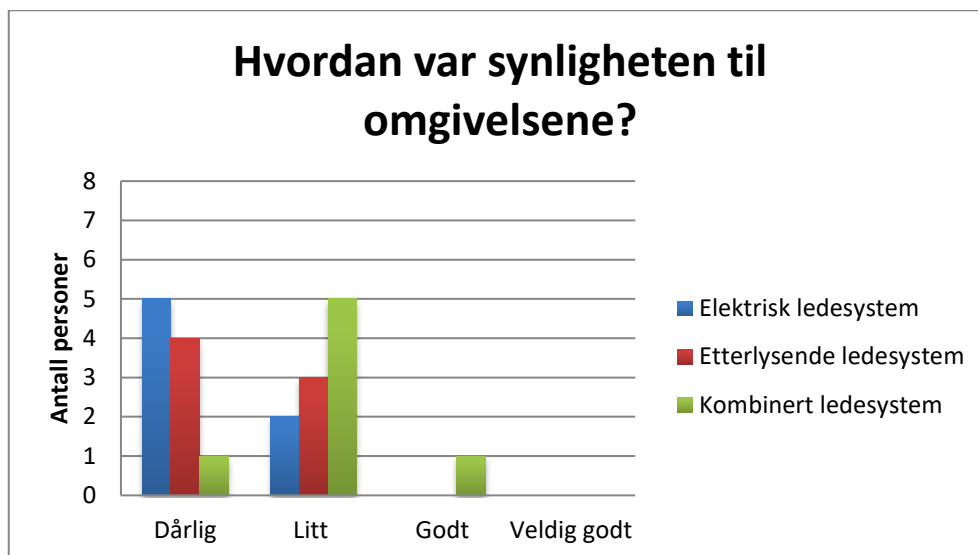
4.2.3 Spørreundersøkelse – forsøk med røyk

Her vil resultat fra spørreskjemaene som deltakerne svarte på etter hvert forsøk med røyk beskrives. Svarene for hvert spørsmål settes sammen i et diagram for å danne en oversikt over resultatene. Noen av resultatene vil ikke oppgis i denne delen, men finnes i vedlegg 3.2.



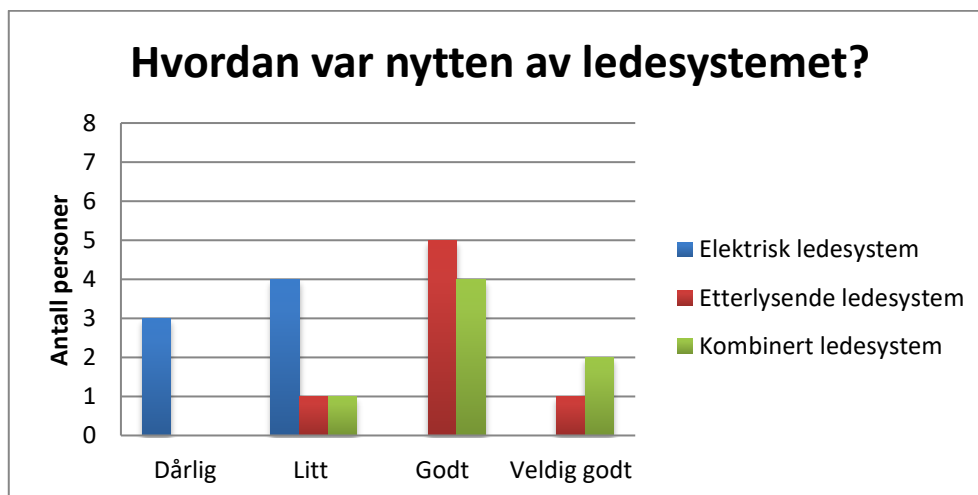
Figur 12 - Synligheten til komponentene i ledesystemet – Forsøk med røyk

Figur 12 viser hva deltakerne syntes om synligheten til komponentene i ledesystemet ved hvert forsøk. I følge resultatene var det komponentene i det kombinerte ledesystemet og ledelinjene (lavtsittende) i det etterlysende ledesystemet som var mest synlig. Skiltene (høythengende) i det etterlysende ledesystemet var litt synlig, mens det elektriske ledesystemet var minst synlig.



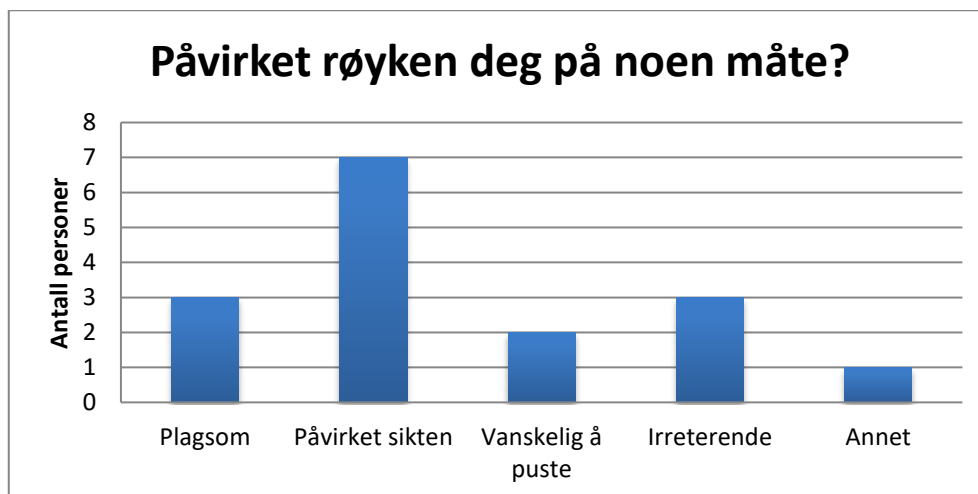
Figur 13 - Synligheten til omgivelsene – Forsøk med røyk

Figur 13 viser hva deltakeren syntes om synligheten til omgivelsene ved hvert forsøk med røyk. Omgivelsene var mest synlig med det kombinerte ledesystemet ifølge deltakerne. Omgivelsene var minst synlig med bruk av elektrisk ledesystem. På grunn av røyken ble omgivelsene dårlig lyst opp, og deltakerne opplevde størst vansker i trapperommet der de slet med å se trinnene. Deltakerne opplevde også vansker med å åpne dørene, da de ikke fant dørhåndtakene.



Figur 14 - Nyttien av ledesystemet – Forsøk med røyk

Deltakerne hadde mest nytte av det etterlysende og kombinerte ledesystemet, ifølge figur 14. De hadde minst nytte av det elektriske ledesystemet.



Figur 15 - Påvirket røyken deg på noen måte? – Forsøk med røyk

Figur 15 viser hvordan røyken opplevdes av deltakerne under forsøkene. Deltakerne syntes røyken var ganske plagsom å puste inn og irriterende i luftveien, men i størst grad påvirket den sikten. Deltakerne forklarte at de mistet sikten og opplevde vansker med å orientere seg i rømningsveien. Tap av sikt medførte en lavere ganghastighet, og deltakerne lyttet gjerne etter stemmer foran seg for å komme seg videre i rømningsveien.

Deltakerne kommenterte at på grunn av røyken var høythengende skilt først synlige når skiltene var noen få meter unna, og deltakerne måtte bruke føttene og armene aktivt for å famle seg frem i trapperommet og korridoren. Det var spesielt vanskelig å gå i trappene, der trinnene ikke var synlige.

En stor del av deltakerne var på enkelte tidspunkt usikker på hvilken vei de skulle gå. Dette grunnet at sikten var dårlig i hele rømningsveien og skiltene ikke var godt synlige før de var noen meter fra dem. Noen brukte stemmene til personene foran seg for å komme seg frem, og noen brukte kunnskapen om rømningsveien som orienteringsgrunnlag.



Figur 16 - Hvilket av ledesystemene fungerte best? – Forsøk med røyk

Figur 16 viser hvilke ledesystem deltakerne ville foretrukket. De aller fleste deltakerne foretrakk kombinasjonen av etterlysende og elektrisk ledesystem. Hovedgrunnene til dette var at de etterlysende komponentene gjorde rømningsveien lettere å se og tydelig viste riktig retning, mens de elektriske komponentene gjorde dørene mer synlig slik at åpning av

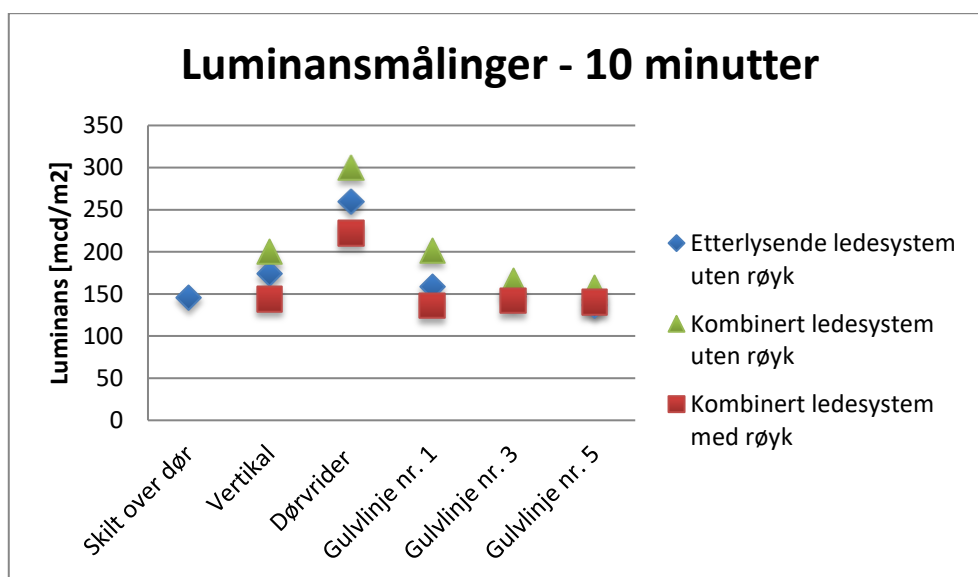
dørene ble enklere. Sikten ble bedre med kombinasjonen og situasjonen oppfattes mindre skummel. Deltakerne var tydelige på at funksjonene til de forskjellige komponentene i det kombinerte ledessystemet utfylte hverandre.

Det ble videre kommentert at korridoren ikke hadde nok lyspunkter ved det elektriske ledessystemet, og noen syntes det etterlysende ledessystemet var det beste enkeltstående systemet.

4.3 Målinger på etterlysende komponenter

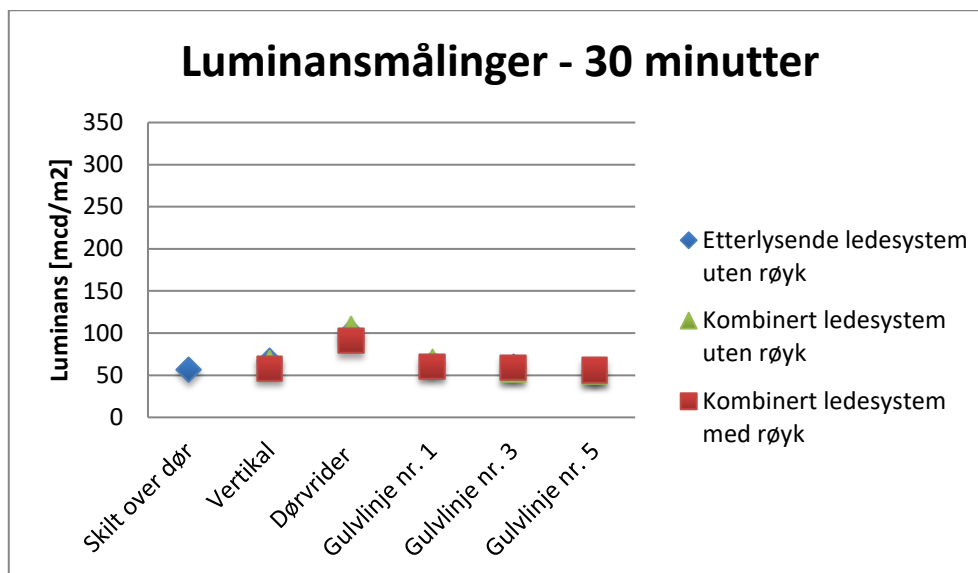
4.3.1 Luminansmålinger

Luminansen til de etterlysende komponentene ble målt på tre tidspunkter. Resultatene fra luxmålingene gjort i forbindelse med luminansmålingene finnes i vedlegg 3.3. Følgende figurer viser resultatene til luminansmålingene, se vedlegg 4 for måleprotokoll.



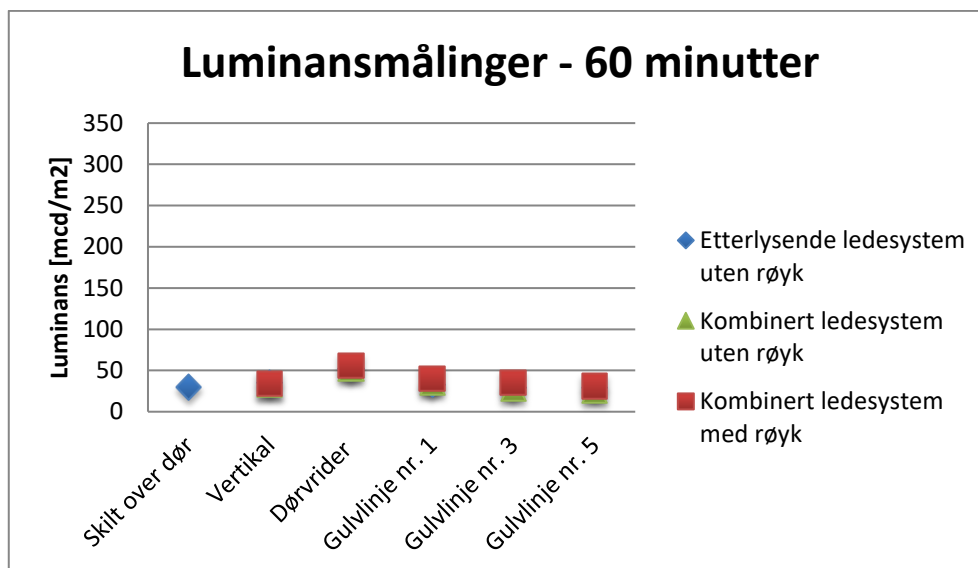
Figur 17 - Luminansen til de etterlysende komponentene etter 10 minutter

Figur 17 viser resultatene til luminansmålingene på de etterlysende komponentene etter 10 minutter. Det observeres at luminansen til de etterlysende komponentene i et kombinert ledessystem uten røyk har den høyeste luminansen. De etterlysende komponentene i et kombinert ledessystem i scenario med røyk har minst luminans etter 10 minutter.



Figur 18 - Luminansen til de etterlysende komponentene etter 30 minutter

Figur 18 viser resultat fra luminansmålingene til de etterlysende komponentene etter 30 minutter. Figuren viser at etter 30 minutter har luminansen til de etterlysende komponentene begynt å konvergere og ligger omtrent på samme nivå for både det etterlysende ledesystemet og det kombinerte ledesystemet både med og uten røyk.



Figur 19 - Luminansen til de etterlysende komponentene etter 60 minutter

Figur 19 viser resultatet til luminansmålingene til de etterlysende komponentene etter 60 minutter. Etter 60 minutter har luminansen til de etterlysende komponentene i alle tre forsøkene konverget. Luminansen ligger mellom 26 og 53 mcd/m² og oppfylder dermed kravet til luminans etter 60 minutter, se kap. 2.2.1.

4.3.2 Luxmålinger

Tabell 1 - Luxmålinger

Plassering	Med røyk [lux]	Uten røyk [lux]
Vertikal	1	0
Dørvrider	1	0
Gulvlinje 1	1	0,5
Gulvlinje 3	0,5	0
Gulvlinje 5	0	0

Resultatene fra luxmålingene, både med og uten røyk, viser at de etterlysende komponentene blir truffet av mest lysstrøm når det er røyk i korridoren, se tabell 1. Unntaket er gulvlinje 5 hvor hverken komponentene i korridoren med røyk eller uten røyk blir truffet av lysstrøm.

5. Diskusjon

5.1 Gjennomføring av forsøk

5.1.1 Rømningsvei

Det var ønskelig å bruke et trapperom og en korridor som rømningsvei under forsøkene for å få tilbakemeldinger på nytten og funksjonen av ledesystemet i både trapp og korridor. Ledesystemet som ble brukt viste derfor ikke deltakerne raskeste vei ut, og rømningsveien ble dermed lengre enn den hadde trengt å være.

Korridoren som ble brukt under forsøkene var cirka 34 meter lang, noe som medfører at rømningsveien er lengre enn godkjent krav for rømningsvei i TEK 10, se kap. 2.1. Maksimalt tillatt lengde på korridor i rømningsvei er 30 meter. Dette fraviket fra forskriftskravet kan ha påvirket resultatene ved at rømningstiden til deltakerne ble lengre, samt at avstanden mellom de elektriske skiltene økte. Korridorens lengde må dermed anses som en feilkilde. Dette kan ha hatt en negativ påvirkning på resultatene, men berører primært kun forsøket med elektrisk ledesystem, spesielt i scenario med røyk. Årsaken til dette er at en lengre avstand mellom de elektriske skiltene medfører at synligheten til omgivelsene og nødutgangen minimeres. Fra forsøkene med elektriske skilter og scenarioet med røyk, forklarte deltakerne at det først var på få meters avstand de elektriske skiltene ble synlige. Når det er 30 meters avstand eller mer mellom skiltene i scenarioet med røyk, blir det da lange avstander å gå «i blinde». I ettertid er det vurdert at det gjerne burde vært montert flere elektriske skilt for å minske avstanden mellom skiltene i korridoren.

Målet og intensjonen med rømningsforsøkene var å se hvordan deltakerne opplevde de forskjellige ledesystemene og undersøke hvordan ledesystemene påvirket rømningstiden. At korridoren var 4 meter lengre enn preakseptert krav blir derfor ikke sett på som et stort problem da den samme korridoren ble brukt til samtlige forsøk. Bortsett fra forsøket med elektrisk ledesystem med røyk, antas det at de ekstra metrene ga forholdsvis like utslag på rømningstiden.

Korridoren og trapperommet som ble brukt i forsøkene hadde flere åpninger i himlingsplater og dører til nærliggende rom med store dørsprekker. En konsekvens av dette kan være at røyken som ble brukt i noen av forsøkene har seget ut gjennom sprekker og åpninger, og slik blitt redusert utover i forsøkene. Hvor mye røyk som siger vekk kan ikke beregnes da det er svært vanskelig å gjøre et estimat på røykmengden.

Korridorene som ble brukt i forsøkene der luminansen til de etterlysende komponentene ble målt var ikke identiske. De delene av korridorene som ble brukt hadde lik lengde og var plassert i samme fløy, men utgangsdørene i enden av korridorene var ikke like og korridorene var litt annerledes dimensjonert. Døren i enden av korridoren i 1. etasje var en ståldør, malt med rød maling, mens døren i enden av korridoren i 2. etasje hadde glassvinduer. For å redusere påvirkningen fra forskjellige overflater ble begge dørene dekket med svarte søppelsekker. De resterende overflatene i rommet var like; begge korridorene hadde glatte overflater som var hvite øverst og grå nederst.

5.1.2 Røyk i rømningsveien

Ved en eventuell brann ved Sandsli videregående skole er det mange tenkelige brannscenarier. Det vil både kunne oppstå en flammebrann eller en ulmebrann i for eksempel elektriske kabler i rørgjennomføringer og over himlingsplater. Et skolebygg vil ha mange forskjellige typer brennbare materialer, som vil kunne gi ulike avgasser og røykutviklinger.

Rømningsveien ble fylt med røyk basert på observasjoner. Ved røykfylling av korridoren ble røykmaskinen plassert to plasser for å gi bedre fordeling av røyk i korridoren. Røyken fra røykmaskinen er en stillestående «kald» røyk, som ikke innehar de samme egenskapene som røyk fra en virkelig brann vil ha. Dette betyr at det ikke vil dannes noen oppdriftskrefter med stigende røyk, som skyldes varme røykgasser. På grunn av manglende oppdriftskrefter var det også vanskelig å få røyken opp i trapperommet. Røykmaskinen kunne heller ikke flyttes lengre opp i trapperommet på grunn av mangelfull strømtilførsel.

På grunn av liten kontroll på røyken var det vanskelig å få uniform røykfordeling i rømningsveien. Før gjennomføring av det siste forsøket var det også behov for mer røyk i rømningsveien grunnet regelmessige åpninger av dører og pauser mellom forsøkene. Selv om det hadde vært ønskelig å kunne måle røyktettheten, ville det ikke kunne sikret at hele rømningsveien hadde hatt samme røyktetthet. Ved en virkelig brann eller branntilløp vil imidlertid heller ikke røyken være uniform. Målet med røyken var å utsette deltakerne for et «worst-case» scenario der det er strømbrudd og rømningsveien blir utsatt for røyk.

5.1.3 Utførelse av forsøk

Under forsøkene gikk deltakerne ut i den mørklagte rømningsveien fra en korridor med normalbelysning. Dette gir en realistisk opplevelse der deltakerne ikke tilvennes mørket før de går inn i rømningsveien. Under et strømbrudd vil heller ikke personene ha tid til å tilvenne seg mørket før situasjonen oppstår. At det plutselig blir mørkt vil kunne føre til desorientering, spesielt hvis personene ikke er kjent med bygget og rømningsveiene. Forsøkene med og uten røyk ble gjennomført for å se om deltakerne ble påvirket av ulike forhold som kan opptre i en rømningsituasjon.

I forsøkene der luminansen og luxen til de etterlysende komponentene ble målt, ble det kun utført ett forsøk med røyk. Dette skyldes at det ikke var nok røykolje til å gjennomføre flere forsøk, samt vanskeligheter med å ha kontroll på røykmengden. Røyken var meget stillestående i rommet og det var vanskelig og tidkrevende å få røyken jevnt fordelt i rømningsveien. Dette vil kunne påvirke resultatet i den grad at det ikke var mulig å gjennomføre flere forsøk, samt at røyken trolig ikke ble helt likt fordelt.

I forsøket hvor luminansen ble målt for det kombinerte ledesystemet uten røyk, i korridoren i 2. etasje, fikk de etterlysende komponentene kun 15 minutters oppladningstid. I de andre forsøkene hvor luminansen ble målt fikk de etterlysende komponentene flere timers oppladningstid før gjennomføring av forsøket. I følge produktinformasjonen til de etterlysende komponentene, se vedlegg 5.4, er det nok med 15 minutters oppladningstid for fullstendig oppladning. Det er usikkert om forskjell i oppladningstid kan ha påvirket resultatet.

I en normal rømningsituasjon er det lite sannsynlig at det oppstår strømbrudd, som vil si at det i rømningsveiene vil være normalbelysning. Dette kan medføre at effekten/synligheten til de etterlysende komponentene blir svake. En redusert effekt av de etterlysende komponentene vil i dette tilfellet likevel ikke antas å være kritisk, da rømningsveien vil være opplyst.

Nødlis/ledelamper er mye brukt i rømningsveier som belysning ved strømbrudd. I forsøkene som ble utført i dette prosjektet er det ikke brukt ledelamper, grunnet at lysene trolig ville kunne redusere effekten/synligheten til de etterlysende komponentene. Når det skal brukes et kombinert ledesystem anses det derfor ikke som hensiktsmessig å bruke ledelamper.

5.2 Forsøksresultat

5.2.1 Forflytningstid

De fleste deltakerne deltok i alle seks forsøkene. Det er rimelig å anta at deltakerne ble bedre kjent med rømningsveien for hvert forsøk og tryggere på hvor de skulle gå. Dette kan påvirke forflytningstiden i en viss grad, da den kan forkortes etterhvert som de evakuerer flere ganger og blir mer kjent med rømningsveien.

En av kommentarene som ble gitt etter forsøkene var at noen forflyttet seg en del saktere enn andre. Dette medførte at de som gikk bak de som beveget seg sakte måtte redusere ganghastigheten sin. Dette påvirker resultatene for forflytningstid i den grad at noen som gjerne kunne ha beveget seg raskere gjennom rømningsveien ble forsinket på grunn av andre som beveget seg sakte.

I det første forsøket med bruk av etterlysende ledesystem uten røyk, ligger forflytningstiden til deltakerne fra rundt 70 til 100 sekunder. I det andre forsøket, med kombinert ledesystem uten røyk, ligger forflytningstiden fra rundt 60 til 90 sekunder. Det er opptil 10 sekunders forskjell mellom etterlysende og kombinert ledesystem i scenarioet uten røyk. I forsøket med elektrisk ledesystem uten røyk, ligger forflytningstiden mellom 45 til 100 sekunder. Som det kan observeres fra figur 7 er de første to deltakerne relativt raske sammenlignet med resten av deltakerne. Dette kan skyldes at de ser skiltene best eller at de er blitt godt kjent med rømningsveien. Resten av deltakerne har lengre rømningsstid, noen sekunder lengre enn med kombinert ledesystem.

I forsøkene med røyk blir forskjellen på forflytningstiden mer tydelig. I forsøket med elektrisk ledesystem hadde deltakerne lengst forflytningstid på rundt 80 til 177 sekunder. Seks av deltakerne hadde en forflytningstid på 165 til 177 sekunder. I forsøket med etterlysende ledesystem var forflytningstiden på rundt 73 til 156 sekunder, men 5 av 8 deltakere hadde forflytningstiden 148 til 156 sekunder. I forsøket med kombinert ledesystem var forflytningstiden betydelig mindre da den var rundt 57 til 90 sekunder.

Det er tydeligst forskjell i forhold til tid i scenario med røyk. Her gir forsøket med det kombinerte ledesystemet kortest forflytningstid. Det er mindre tydelig i scenarioer uten røyk, men evakueringen med det kombinerte ledesystemet er likevel noen sekunder raskere enn for de to andre ledesystemene.

5.2.2 Spørreskjema

Deltakerne svarte på spørreskjema etter forsøkene med og uten røyk. Her vil resultatene fra spørreskjemaene diskuteres.

Etter forsøkene var de fleste deltakerne enige om at det kombinerte ledesystemet fungerte best, i scenarioer både med og uten røyk. En av deltakerne syntes det etterlysende ledesystemet fungerte best alene uten røyk, da de elektriske skiltene ble oppfattet å ha en negativ påvirkning på effekten til de etterlysende komponentene, se figur 11. For forsøkene med røyk syntes en av deltakerne at både det etterlysende og det kombinerte ledesystemet fungerte bra, og krysset av ved begge ledesystemene på skjemaet, se figur 16.

Det er mange faktorer som kan ha påvirket avkrysningsvalget hos deltakerne. Synligheten til komponentene i ledesystemet er viktig, og deltakerne syntes komponentene i det kombinerte ledesystemet var mest synlige i scenarioer med og uten røyk, se figur 8 og 12.

Det kombinerte ledesystemet fikk kommentarer på at de etterlysende komponentene mistet noe av effekten sin på grunn av lyset fra de elektriske skiltene. Til tross for dette fikk de etterlysende komponentene i det kombinerte ledesystemet like gode tilbakemeldinger som de etterlysende ledelinjene i det etterlysende ledesystemet. Dette kan trolig skyldes at det

kun er i nærrområde til de elektriske skiltene at effekten til de etterlysende komponentene reduseres, mens de ellers er godt synlige.

Årsaken til at de elektriske skiltene kan påvirke effekten til de etterlysende ledelinjene kan være at lysstyrken fra de elektriske skiltene er mye høyere enn fra de etterlysende ledelinjene, noe som medfører at de etterlysende ledelinjene ikke synes like tydelig. Dette er den blandingseffekten som standarder advarer mot, og det vil derfor trolig være lurt å redusere lysstyrken til de elektriske skiltene for å redusere blandingseffekten.

I følge luminansmålingene er det de etterlysende komponentene i det kombinerte ledesystemet uten røyk som har best etterlysende effekt. Dette gjelder i området i nærheten av de elektriske skiltene, da de har en positiv påvirkning på de etterlysende komponentene i de første minuttene etter et strøbrudd. Det observeres at til tross for dette opplevde deltakerne at de etterlysende komponentene var best synlig i det etterlysende ledesystemet, og ikke i det kombinerte ledesystemet. Tilbakemeldingene tyder på at deltakerne ikke merker den positive effekten som de elektriske skiltene har på luminansen til de etterlysende komponentene i et kombinert ledesystem.

I det kombinerte ledesystemet uten røyk vil deltakerne trolig ikke ha behov for å bruke de etterlysende komponentene i nærrområde til de elektriske skiltene, da de elektriske skiltene lyser opp området og deltakerne derfor lettere kan se omgivelsene. Når omgivelsene er godt lyst opp vil effekten til de etterlysende komponentene reduseres, men utgangen vil i disse tilfellene trolig være lettere å finne. I scenarier med røyk vil derimot de elektriske skiltene ikke gjøre omgivelsene like godt synlig, da røyken vil hindre sikten og gjøre det vanskeligere å se omgivelsene, samt at lyset vil kunne gi gjenskin i røyken. Lyset fra de elektriske skiltene vil fortsatt kunne påvirke de etterlysende komponentene og redusere den opplevde effekten av disse, men de som evakuerer vil ikke kunne bruke de elektriske skiltene like mye for å orientere seg mot utgangsdøren. Ut fra dette vil de elektriske skiltenes påvirkning på de etterlysende komponentene derfor ha størst betydning i scenarier med røyk.

Et poeng som er verdt å understreke med resultatene i figur 8 og 12, er at deltakerne syntes synligheten til de elektriske komponentene blir dårligere når de står alene uten de etterlysende komponenter. Synligheten til de elektriske skiltene burde ikke bli dårligere når de står alene. Det som kan være grunnen til denne oppfatningen er at når det brukes et kombinert ledesystem, bruker personene ledelinjene til å lede seg til utgangsdøren og er ikke avhengig av å orientere seg etter lyset fra de elektriske skiltene. Når de nærmer seg et elektrisk skilt går fokuset vekk fra ledelinjene og opp til markeringsskiltet, siden det har en høyere lysstyrke. Dette kan medføre at opplevelsen av det elektriske skiltet forsterkes.

Etterlysende høythengende retningsskilt fikk også varierende tilbakemeldinger, fra å være litt synlig til veldig godt synlig uten røyk og dårlig til godt synlig med røyk. Dette kan skyldes at deltakerne under evakuering med lavtsittende linjemerking stort sett ser ned på ledelinjene siden de tydelig viser veien ut og gir en trygghet. Siden de etterlysende skiltene ikke har høy lysstyrke vil de heller ikke dra oppmerksomheten til deltakeren bort fra ledelinjene i samme grad som elektriske skilt.

Røyk i rømningsveien vil kunne ha en negativ påvirkning på synligheten til ledesystem, spesielt høythengende komponenter, da røyk stiger. Denne påvirkningen kommer tydelig frem i figur 8 og 12.

Synligheten til omgivelsene spiller også en stor rolle. Når omgivelsene er godt synlig opplever personer mindre usikkerhet. Med bruk av etterlysende ledesystem var omgivelsene lite synlige, både med og uten røyk. Grunnen til dette kan være at lysstyrken fra de etterlysende komponentene er liten og spesielt i scenarier med røyk vil røyken

redusere eller hindre virkningen til komponentene. Deltakerne slet blant annet med å åpne dører med kun etterlysende komponenter, til tross for at dørene var markert med dørvridderskilt, som vist i figur 2. Dette kan skyldes at skiltet ikke lyser opp dørhåndtaket, til tross for at skiltet kan være godt synlig. Med kun elektriske komponenter var omgivelsene litt synlig uten røyk, men hadde en dårlig synlighet med røyk, se figur 9 og 13. Dette kan skyldes lang avstand mellom retningskiltene, og redusert virkning og synlighet til skiltene på grunn av røyken. Deltakerne kunne kun skimte nærliggende omgivelser ved skiltene, mens resten av rømningsveien var helt mørklagt. Omgivelsene ble best synlig med et kombinert ledssystem, både med og uten røyk, se figur 9 og 13. De elektriske skiltene i kombinasjonen medførte at dørene ble godt synlig og det ble enklere å finne og åpne dem. De etterlysende ledelinjene medførte at deltakerne kunne se hvor de skulle gå.

Totalt sett var deltakerne veldig fornøyde med nytten av det etterlysende og det kombinerte ledssystemet. Deltakerne opplevde en trygghet med de to ledssystemene da de fjernet tvil om orientering til utgangen. Deltakerne uttalte også at de hadde liten nytte av det elektriske ledssystemet grunnet lang avstand mellom skiltene. Spesielt i scenario med røyk måtte deltakerne være kun få meter fra de elektriske skiltene før de ble synlige, noe som kan skyldes at røyken reduserer effekten til skiltene.

5.2.3 Luminansmålingene

Figur 17-19 viser resultatene til luminansmålingene som ble gjort på de etterlysende komponentene. 10 minutter etter lyset ble slukket er det en tydelig forskjell i luminans i de tre forsøkene. Det kombinerte ledssystemet uten røyk har mer luminans enn de andre. Dette kan skyldes at lyset fra det elektriske skiltet reduserer tapet av luminans hos de etterlysende komponentene, som medfører at luminansen blir høyere enn for de etterlysende komponentene i det etterlysende ledssystemet uten røyk. Til tross for at de elektriske komponentene øker luminansen til de etterlysende komponentene de første minuttene uten røyk, oppfattet ikke deltakerne denne påvirkningen. Deltakerne syntes de etterlysende komponentene ble mindre synlig i området rundt de elektriske komponentene.

Det kombinerte ledssystemet med røyk har den laveste luminansen etter 10 minutter. Før lyset ble slukket for det kombinerte ledssystemet med røyk, ble korridoren fylt med røyk i 5 minutter. På disse 5 minuttene som korridoren ble fylt med røyk, antas det at de etterlysende komponentene har fått mindre lys på grunn av røyken og etterhvert begynt å miste effekt eller fått mindre opplading. Dette kan være årsaken til at de etterlysende komponentene i det kombinerte ledssystemet med røyk hadde den laveste luminansen etter 10 minutter.

Etter 30 minutter har luminansen til ledssystemene i de tre forsøkene begynt å konvergere. De etterlysende komponentene i det kombinerte ledssystemet uten røyk ligger fortsatt litt over de andre, men dette i liten grad, og de etterlysende komponentene i det kombinerte ledssystemet med røyk har fortsatt en litt lavere luminans. Etter 60 minutter har det etterlysende ledssystemet i alle de tre forsøkene konverget og ligger på samme nivå. Ut i fra disse resultatene vil valg av ledssystem, etterlysende eller kombinert, ikke ha noen betydning etter 30 til 60 minutter. I et kombinert ledssystem vil de elektriske skiltene kunne ha en positiv påvirkning på luminansen til de etterlysende komponentene de første minuttene. Hvis rømningsveien blir fylt med røyk før strømbrudd oppstår, vil det sannsynligvis kunne ha en negativ påvirkning på de etterlysende komponenter.

5.2.4 Luxmålingene

I resultatene fra forsøk kommer det frem at lux målingene primært er høyere for forsøk med røyk enn forsøk uten røyk.

Det er bemerkelsesverdig at luxmålingene i forsøk med røyk er høyere enn uten røyk, da det gjerne ville vært antatt at lyset ville svekkes av røyk i rømningsvei. På tross av disse antagelsene kan en av årsakene til en høyere lysstrøm i forsøk med røyk være at lyset reflekteres av røyklaget som tidligere nevnt i kapittel 2.5. En refleksjon av lyset vil kunne forsterke lysmengden og være en årsak til at luxen er høyere i forsøk med røyk enn uten.

Det observeres at for forsøk uten røyk er det kun gulvlinje 1 som mottar litt lysstrøm. I forhold til gulvlinjene er det naturlig at det er gulvlinjen nærmest det elektriske skiltet som mottar mest lysstrøm. Dette observeres også for forsøkene med røyk, hvor lysstrømmen tydelig blir lavere lengre vekk fra lyskilden. For de vertikale målepunktene, langs dørkarm og dørvrider, blir det for forsøket uten røyk observert at det ikke er noe lysstrøm, mens for forsøket med røyk er dette noen av de komponentene som mottar mest lysstrøm. Som det er kommentert tidligere kan det for forsøket med røyk skyldes at røyken reflekteres av røyklaget og dermed treffer de vertikale komponentene. For forsøket uten røyk gir det mening at de vertikale komponentene ikke blir truffet av lysstrøm da de er plassert under lyskilden, og slik havner utenfor lysstrålingen fra denne.

5.3 Utforming av ledesystemet

Det ble valgt å utforme det kombinerte ledesystemet med høyhengende elektriske komponenter og lavtsittende og mellomtsittende etterlysende komponenter, fordi elektriske skilt og etterlysende ledelinjer ble ansett som mest hensiktsmessig. I bygg der det kan oppstå nødsituasjoner både med og uten strømbrudd vil det være egnet med elektriske markeringsskilt og etterlysende ledelinjer, spesielt hvis rømningsveiene kan være komplekse. De elektriske markeringsskiltene vil være godt synlig i høyden, mens de etterlysende ledelinjene vil kunne minske usikkerheten som personer kan oppleve, og dermed forkorte beslutnings- og forflytningstiden. Dersom det er høy sannsynlighet for at rømningsveien blir fylt med røyk, vil de etterlysende ledelinjene også være til stor nytte.

Som det vises i resultatene foretrakk deltakerne etterlysende ledelinjer framfor høyhengende elektriske retningsskilt. I et kombinert ledesystem påvirket de elektriske skiltene de etterlysende ledelinjene i en viss grad slik at de ble mindre synlig. Deltakerne foretrakk likevel å ha lyskilde som elektriske markeringsskilt over dører for å gjøre disse mer tydelig.

Ut fra diskusjonen over vil en optimal utforming av et kombinert ledesystem være elektriske markeringsskilt over dører og resten etterlysende komponenter som lavtsittende ledelinjer/-punkter og høyhengende retningsanvisninger, samt markering av dør på mellomnivå.

5.4 Kombinert ledesystem

Ut fra litteraturstudiet vil det være aktuelt å bruke et kombinert ledesystem i bygg der kun etterlysende eller elektriske komponenter ikke vil gi en tilfredsstillende ledefunksjon. I bygg som inneholder komplekse rømnings- og/eller fluktveier og sannsynligheten for strømbrudd ved en nødsituasjon er stor, kan et kombinert ledesystem også være aktuelt. I tillegg vil det være aktuelt med et kombinert ledesystem i bygg med store folkemengder. I skolebygg med lange korridorer vil et kombinert ledesystem kunne være godt egnet.

Bygg som skal benytte et kombinert ledssystem må ha en sikker belysning som sikrer oppladning av de etterlysende komponentene. Et kombinert ledssystem vil være best egnet i bygg hvor det er høy sannsynlighet for strømbrudd eller røykutvikling i rømningsveien. Når et kombinert ledssystem benyttes er det ikke særlig egnet sammen med bruk av nødbelysning, bortsett fra markeringsskilt over dør. Redusert lysstyrke til de elektriske komponentene ved strømbrudd bør være et kriterie. Ellers gjelder de samme kriteriene for et kombinert ledssystem som for et etterlysende ledssystem.

6. Konklusjon

Ut fra resultatene fra rømningsforsøkene kan det tyde på at en kombinasjon av etterlysende og elektriske komponenter vil kunne gi en kortere forflytningstid i scenarioer med røyk. I scenarioer uten røyk antas det at utslagene i tid ikke vil være like store, men forflytningstiden vil ved bruk av det kombinerte ledessystemet kunne være noen sekunder raskere enn ved bruk av de to andre ledessystemene.

Ut fra resultatene fra luminansmålingene kan det synes som at få minutter etter et strømbrudd vil de etterlysende komponentene i et kombinert ledessystem ha høyere luminans enn komponentene i et etterlysende ledessystem, og eventuell røyk i korridoren vil kunne gi en negativ påvirkning på luminansen. Etter en stund vil derimot luminansen konvergere og utslagene fra de elektriske komponentene og røyken vil være små. Til tross for at de elektriske komponentene øker luminansen til de etterlysende komponentene de første minuttene uten røyk, oppfattet ikke deltakerne denne påvirkningen. Deltakerne syntes de etterlysende komponentene ble mindre synlig i området rundt de elektriske komponentene. Av den grunn anbefales det at lysstyrken til de elektriske komponentene reduseres ved et strømbrudd for å redusere den oppfattede påvirkningen på synligheten til de etterlysende komponentene.

Det kan konkluderes at et kombinert ledessystem vil kunne være en hensiktsmessig utforming av et ledessystem og gi en god ledeevne. Basert på resultatene og tilbakemeldinger fra deltakerne vil et kombinert ledessystem som består av høyhengende elektriske markeringsskilt, lavtsittende etterlysende ledelinjer/-punkter, etterlysende markering av dører på mellomnivå, og høyhengende etterlysende retningsskilt være en optimal utforming.

Et kombinert ledessystem vil kunne være hensiktsmessig å bruke i bygg der kun etterlysende eller elektriske komponenter ikke vil gi en tilfredsstillende ledefunksjon. Dette kan for eksempel være egnet i bygg med store folkemengder, samt bygg med komplekse rømningsveier og høy sannsynlighet for strømbrudd ved en nødsituasjon.

Viktige kriterier som må være til stede for å kunne bruke et kombinert ledessystem er sikker belysning som sikrer oppladning av de etterlysende komponentene, samt andre kriterier som gjelder for et etterlysende ledessystem. Det bør unngås å bruke nødbelysning ved bruk av et kombinert ledessystem, med unntak av markeringsskilt over dører. Redusert lysstyrke på de elektriske komponentene ved et strømbrudd bør være et kriterie.

Til slutt kan det konkluderes at resultatene kan tyde på at hypotesen stemmer. En kombinasjon av etterlysende og elektrisk lysende ledessystem vil i gitte tilfeller kunne gi en mer optimal ledeevne enn kun ved bruk av enten etterlysende eller elektrisk lysende komponenter.

7. Videre arbeid

Det er behov for mer kunnskap om kombinert ledesystem og det anbefales å utføre flere forsøk med kombinert ledesystem, blant annet gjennom følgende:

- Utføre flere like forsøk hvor påvirkningen fra forskjellige ledesystem på den nødvendige rømningstiden blir vurdert, slik at resultatene fra flere forsøk kan sammenlignes.
- Utføre forsøk med kombinert ledesystem med grupper av forskjellig størrelse. Det kan være viktig å få mer kunnskap om hvordan større grupper oppfører seg under evakuering med kombinert ledesystem.
- Utføre forsøk hvor fokuset rettes mot forskjeller mellom ulike aldersgrupper. Det kan da være aktuelt å vurdere aldersforskjellene både i forhold til opplevelse av effekten til komponentene og om alder er avgjørende for hvordan komponentene og sammensetning av disse oppfattes. Videre kan det vurderes om dette bør gi føringer for hvilke systemer som bør prege bygg som domineres av en aldersgruppe.
- Utføre forsøk med kombinert ledesystem i andre typer rømningsvei. Gjerne i store lokaler og åpne arealer, som idrettsaler eller kjøpesenter, og i bygg med mer komplekse rømningsveier, for eksempel med utstyr eller andre objekter som påvirker rømningsveien.
- Utføre flere forsøk der effekten som de elektriske komponentene har på de etterlysende komponentene testes. Det anbefales å gjøre tester med forskjellig lysstyrke. Blant annet ved å se på om svakere lysstyrke kan ha annen påvirkning på synligheten til de etterlysende komponentene og/eller har annen påvirkning på luminansen til de etterlysende komponentene.

Referanser

- Direktoratet for byggkvalitet. (2000). *Melding HO-3/2000 Røykventilasjon temaveiledning*. Oslo: Direktoratet for byggkvalitet.
- Direktoratet for byggkvalitet. (2010). *Byggteknisk forskrift (TEK10)*. Oslo: Direktoratet for byggkvalitet.
- Direktoratet for byggkvalitet. (2010). *Veiledning til byggteknisk forskrift (VTEK10)*. Oslo: Direktoratet for byggkvalitet.
- Hagen, B. C. (2008). *Brannteknisk rømningsanalyse*. Trondheim: Tapir akademisk forlag.
- Hagen, B. C. (2014). *Grunnleggende Brannteknikk*.
- Haraldseid, I. (2013). *The effect of emergency lighting on evacuation effectiveness: Masteroppgave i prosess teknologi - Spesialisering i prosessikkerhet*. Universitetet i Bergen og Høgskolen Stord/Haugesund.
- Hordaland Fylkeskommune. (2017, Mars 6). *Sandsli Videregående skole*. Hentet Mars 6, 2017 fra <http://www.hordaland.no/nb-NO/skole/sandslivgs/velkommen-til-sandsli-vgs/skolens-historie/>
- Lyskultur. (2011). Vedlikeholdsfaktor*(MF). (FAKTAARK F01).
- Norsk Lysteknisk Komité. (2013). *Nødllys/ledesystemer* (7. utg.). Lyskultur, Norsk kunnskapssenter for lys.
- Philip J.DiNunno, m. f. (2008). *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*. Quincy, Massachusetts: National Fire Protection Association.
- SINTEF Byggforsk. (2003). *321.038 - Ledesystem for rømning*. Sintef Byggforsk.
- Standard Norge. (2009, Januar 20). *Visuelle ledesystemer for rømning i byggverk - Del 1: Planlegging og utforming (NS 3926-1:2009)*. Standard Norge. Hentet fra Norsk Standard.
- Standard Norge. (2009). *Visuelle ledesystemer for rømning i byggverk - Del 2: Laboratoriemåling og måling på stedet av etterlysende produkter (NS 3926-2:2009)*. Standard Norge.
- Standard Norge. (2016, Januar 20). *Visuelle ledesystemer for rømning i byggverk - Del 1: Planlegging og utforming (NS 3926-1:2016)*. Standard Norge.
- Store Norske Leksikon. (2013, Mars 21). *snl*. Hentet Mars 10, 2017 fra <https://snl.no/brann>
- Storesund, K., Mikaelsen, R. F., & Ishol, H. M. (2014). *Rømning i brann - Funksjonen til ulike visuelle ledesystemer*. SP Fire Research AS.

Vedlegg

Innhold

Vedlegg.....	II
Vedlegg 1 – Spørreskjema for evakueringsforsøk uten røyk.....	IV
Vedlegg 2 – Spørreskjema for evakueringsforsøk med røyk.....	VIII
Vedlegg 3 – Flere resultater fra spørreskjemaene.....	XII
Vedlegg 3.1 Forsøk uten røyk	XII
Vedlegg 3.2 Forsøk med røyk	XVI
Vedlegg 3.3 Luxmålingene	XX
Vedlegg 4 – Luminansmålinger	XXI
Vedlegg 5 – Produktinformasjon	XXIV
Vedlegg 5.1 Glamox E20-S G2.....	XXIV
Vedlegg 5.2 Hagner ERP-105	XXVI
Vedlegg 5.3 Hagner EC1-X	XXVIII
Vedlegg 5.4 Smart signs.....	XXX
Vedlegg 5.5 Trainer 201.....	XXXII
Vedlegg 5.6 Beghelli ART:993-8SA1N	XXXVI

Vedlegg 1 – Spørreskjema for evakueringsforsøk uten røyk

Spørreskjema for evakuering uten røyk

Takk for at du har tatt deg tid til å hjelpe oss med vårt bachelorprosjekt!

Nedenfor følger et par spørsmål som vi ber deg svare på ☺

Generelt:

Alder: _____

Kjønn: Mann Kvinne

Spørsmål om øvelsen:

ELEKTRISK LEDESYSTEM (høythengende ledeskilt)

Svar på følgende påstander om det elektrisk ledesystemet:

	Dårlig	Litt	Godt	Veldig godt
Ledesystemet fungerte	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Jeg så ledesystemet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Jeg så omgivelsene rundt meg	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nytten av ledesystemet var	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Plasseringen av ledesystemet fungerte	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Hvilke hastighet beveget du deg med under evakueringen?

Krabbet Gikk sakte Gikk normalt Gikk raskt Løp

Var det under noen omstendigheter vanskelig å se?

Nei Ja

Hvis ja: Hvorfor? Hva gjorde du da? _____

Var du på noe tidspunkt usikker på hvilken vei du skulle gå?

Nei Ja

Hvis ja: Hvorfor? Hva gjorde du da? _____

Tenkte du noen gang på å snu under forsøket?

Nei Ja

Hvis ja: Hvorfor? Hva gjorde du da? _____

ETTERLYSENDE LEDESYSTEM (lavtsittende ledelinje og høythengende ledeskilt)

Svar på følgende påstander om det etterlysende ledesystemet:

	Dårlig	Litt	Godt	Veldig godt
Ledesystemet fungerte	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Jeg så ledeskiltene (høythengende)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Jeg så ledelinjene (lavtsittende)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Jeg så omgivelsene rundt meg	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nytten av ledesystemet var	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Plasseringen av ledesystemet fungerte	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Hvilke hastighet beveget du deg med under evakueringen?

Krabbet Gikk sakte Gikk normalt Gikk raskt Løp

Følte du at ledelinjene eller skiltene hjalp deg best å finne veien ut? Hvorfor?

Var det under noen omstendigheter vanskelig å se?

Nei Ja

Hvis ja: Hvorfor? Hva gjorde du da? _____

Var du på noe tidspunkt usikker på hvilken vei du skulle gå?

Nei Ja

Hvis ja: Hvorfor? Hva gjorde du da? _____

Tenkte du noen gang på å snu under forsøket?

Nei Ja

Hvis ja: Hvorfor? Hva gjorde du da? _____

KOMBINERT LEDESYSYSTEM (lavtsittende etterlysende ledelinjer og høythengende elektriske skilt)

Svar på følgende påstander om ledesystemet med både elektriske og etterlysende komponenter:

	Dårlig	Litt	Godt	Veldig godt
Ledesystemet fungerte	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Jeg så de elektriske skiltene	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Jeg så de etterlysende ledelinjene	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Jeg så omgivelsene rundt meg	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nytten av ledesystemet var	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Plasseringen av ledesystemet fungerte	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Hvilke hastighet beveget du deg med under evakueringen?

Krabbet Gikk sakte Gikk normalt Gikk raskt Løp

Følte du at de etterlysende ledelinjene eller de elektriske skiltene hjalp deg best å finne veien ut? Hvorfor?

Var det under noen omstendigheter vanskelig å se?

 Nei Ja

Hvis ja: Hvorfor? Hva gjorde du da? _____

Var du på noe tidspunkt usikker på hvilken vei du skulle gå?

 Nei Ja

Hvis ja: Hvorfor? Hva gjorde du da? _____

Tenkte du noen gang på å snu under forsøket?

 Nei Ja

Hvis ja: Hvorfor? Hva gjorde du da? _____

Hva synes du om kombinasjonen av etterlysende og elektrisk ledesystem?

Hvilket av ledesystemene synes du fungerte best?

- Elektrisk ledesystem (høythengende skilt)
- Etterlysende ledesystem (lavtsittende ledelinje og høythengende skilt)
- Kombinasjone (lavtsittende etterlysende ledelinje og høythengende elektriske skilt)

Hvorfor? _____

Andre kommentarer (Trenger du mer plass? Skriv gjerne på baksiden av arket ☺):

Igjen: Takk for hjelpen ☺

Vedlegg 2 – Spørreskjema for evakueringsforsøk med røyk

Spørreskjema for evakuering med røyk

Takk for at du har tatt deg tid til å hjelpe oss med vårt bachelorprosjekt!

Nedenfor følger et par spørsmål som vi ber deg svare på ☺

Generelt:

Alder: _____

Kjønn: Mann Kvinne

Spørsmål om øvelsen:

ELEKTRISK LEDESYSTEM (høythengende ledeskilt)

Svar på følgende påstander om det elektrisk ledesystemet:

	Dårlig	Litt	Godt	Veldig godt
Ledesystemet fungerte	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Jeg så ledesystemet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Jeg så omgivelsene rundt meg	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nytten av ledesystemet var	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Plasseringen av ledesystemet fungerte	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Hvilke hastighet beveget du deg med under evakueringen?

Krabbet Gikk sakte Gikk normalt Gikk raskt Løp

Var det under noen omstendigheter vanskelig å se?

 Nei Ja

Hvis ja: Hvorfor? Hva gjorde du da? _____

Var du på noe tidspunkt usikker på hvilken vei du skulle gå?

 Nei Ja

Hvis ja: Hvorfor? Hva gjorde du da? _____

Tenkte du noen gang på å snu under forsøket?

 Nei Ja

Hvis ja: Hvorfor? Hva gjorde du da? _____

ETTERLYSENDE LEDESYSTEM (lavtsittende ledelinje og høythengende ledeskilt)

Svar på følgende påstander om det etterlysende ledesystemet:

	Dårlig	Litt	Godt	Veldig godt
Ledesystemet fungerte	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Jeg så ledeskiltene (høythengende)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Jeg så ledelinjene (lavtsittende)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Jeg så omgivelsene rundt meg	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nytten av ledesystemet var	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Plasseringen av ledesystemet fungerte	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Hvilke hastighet beveget du deg med under evakueringen?

Krabbet Gikk sakte Gikk normalt Gikk raskt Løp

Var det under noen omstendigheter vanskelig å se?

Nei Ja

Hvis ja: Hvorfor? Hva gjorde du da? _____

Var du på noe tidspunkt usikker på hvilken vei du skulle gå?

Nei Ja

Hvis ja: Hvorfor? Hva gjorde du da? _____

Tenkte du noen gang på å snu under forsøket?

Nei Ja

Hvis ja: Hvorfor? Hva gjorde du da? _____

Følte du at ledelinjene eller skiltene hjalp deg best å finne veien ut? Hvorfor?

KOMBINERT LEDESYSYSTEM (lavtsittende etterlysende ledelinjer og høyhengende elektriske skilt)

Svar på følgende påstander om ledesystemet med både elektriske og etterlysende komponenter:

	Dårlig	Litt	Godt	Veldig godt
Ledesystemet fungerte	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Jeg så de elektriske skiltene	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Jeg så de etterlysende ledelinjene	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Jeg så omgivelsene rundt meg	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nytten av ledesystemet var	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Plasseringen av ledesystemet fungerte	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Hvilke hastighet beveget du deg med under evakueringen?

Krabbet Gikk sakte Gikk normalt Gikk raskt Løp

Var det under noen omstendigheter vanskelig å se?

 Nei Ja

Hvis ja: Hvorfor? Hva gjorde du da? _____

Var du på noe tidspunkt usikker på hvilken vei du skulle gå?

 Nei Ja

Hvis ja: Hvorfor? Hva gjorde du da? _____

Tenkte du noen gang på å snu under forsøket?

 Nei Ja

Hvis ja: Hvorfor? Hva gjorde du da? _____

Følte du at de etterlysende ledelinjene eller de elektriske skiltene hjalp deg best å finne veien ut? Hvorfor?

Hva synes du om kombinasjonen av etterlysende og elektrisk ledesystem?

RØYKEN

Påvirket røyken deg på noen måte? (Kryss av for alle alternativer som passer)

Plagsom Påvirket sikten Vanskelig å puste Irriterende
Annet

Forklar: _____

Hvilket av ledesystemene synes du fungerte best?

- Elektrisk ledesystem (høyhengende skilt)
 Etterlysende ledesystem (lavtsittende ledelinje og høyhengende skilt)
 Kombinasjone (lavtsittende etterlysende ledelinje og høyhengende elektriske skilt)

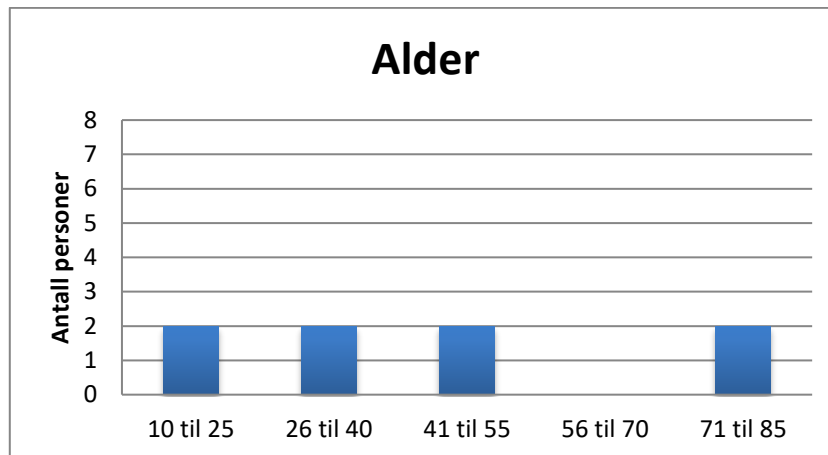
Hvorfor? _____

Andre kommentarer (Trenger du mer plass? Skriv gjerne på baksiden av arket 😊):

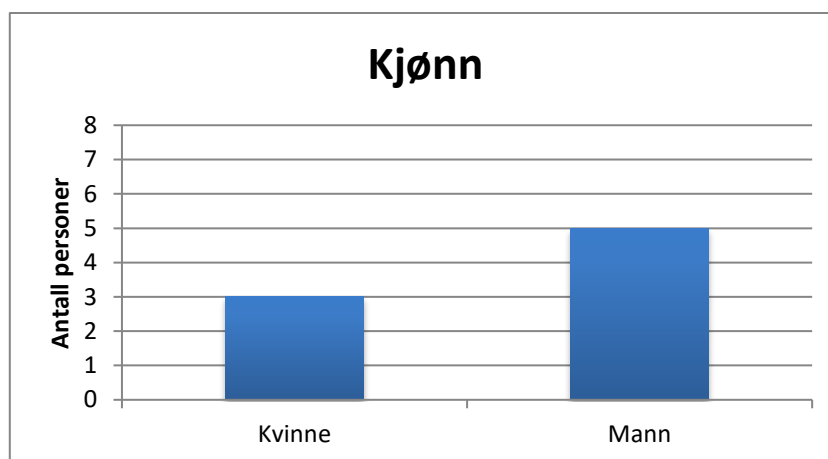
Igjen: Takk for hjelpen 😊

Vedlegg 3 – Flere resultater fra spørreskjemaene

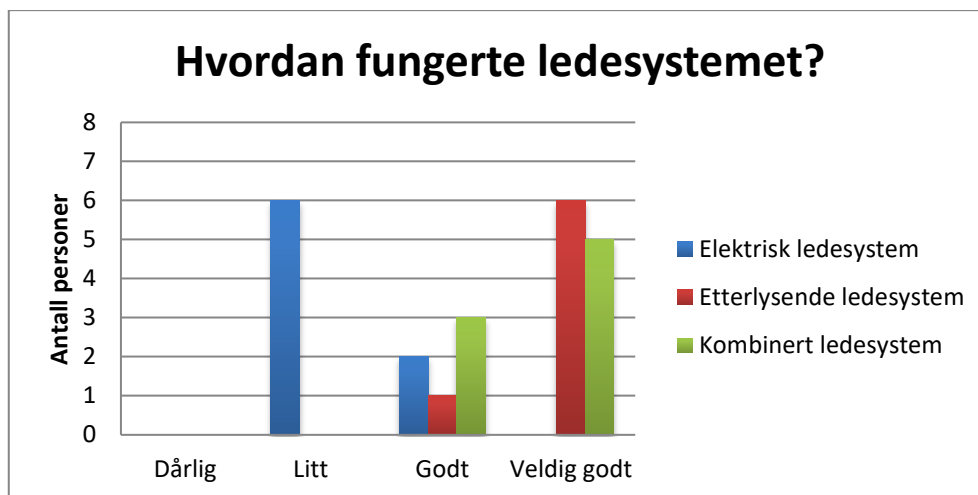
Vedlegg 3.1 Forsøk uten røyk



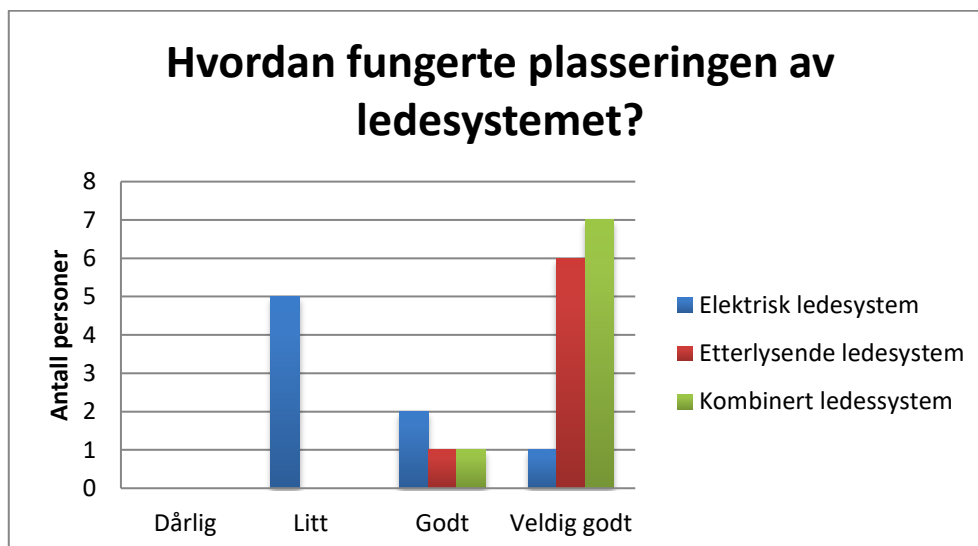
Figuren over viser aldersfordelingen til deltakerne som deltok i forsøkene uten røyk.



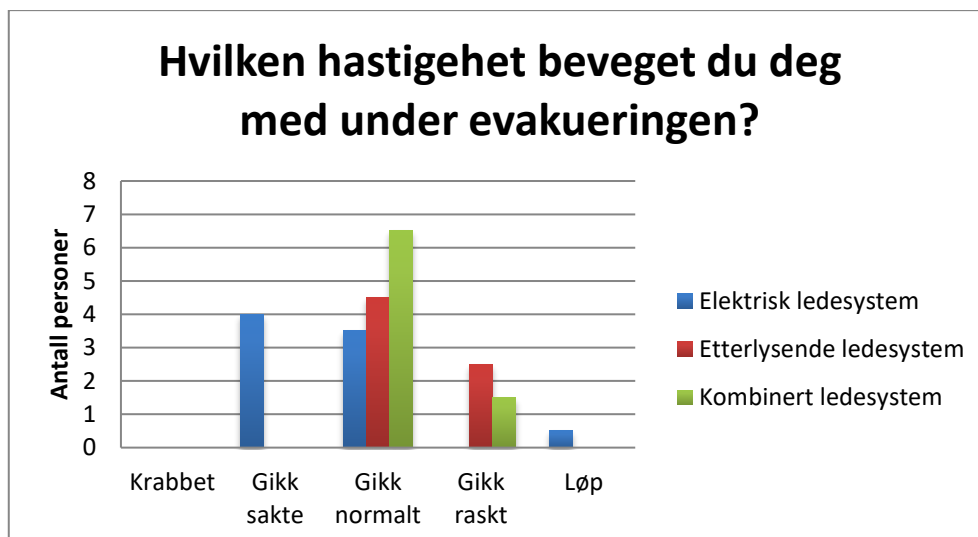
Figuren over viser kjønnsfordelingen til deltakerne som deltok i forsøkene uten røyk.



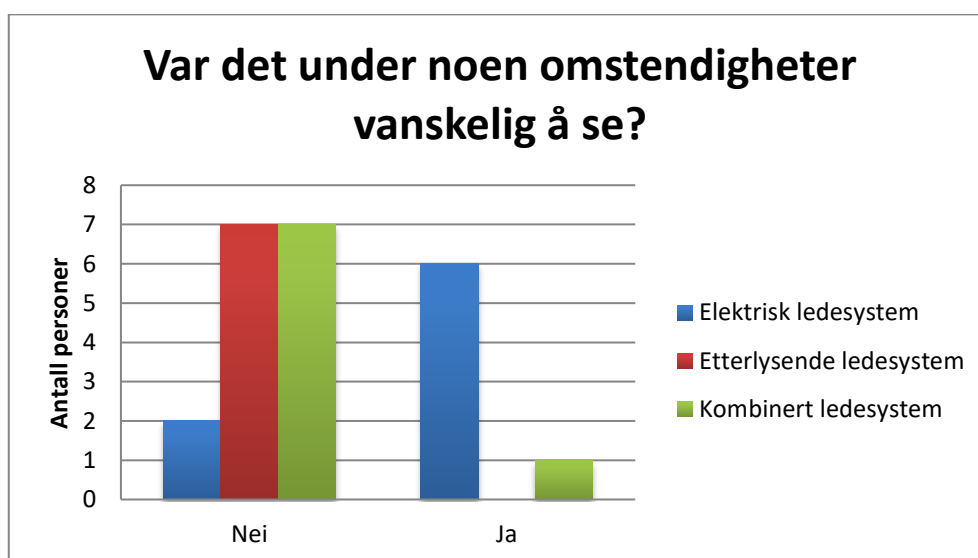
Figuren over viser hvordan deltakerne syntes ledesystemene fungerte. Figuren viser tydelig at deltakerne syntes det kombinerte ledesystemet og det etterlysende ledesystemet fungerte best. Det elektriske ledesystemet fungerte ikke like bra, sammenlignet med de andre ledesystemene.



Figuren over viser hvordan deltakerne syntes plasseringen av ledesystemene fungerte. Deltakerne var ganske enige om at plasseringen til det kombinerte ledesystemet og det etterlysende ledesystemet fungerte veldig godt, mens de syntes plasseringen til det elektriske ledesystemet fungerte litt.



Figuren over viser ganghastigheten til deltakerne ved hvert forsøk. En kan se at deltakerne oppfattet at de gikk raskere med etterlysende ledesystem enn med kombinert ledesystem. Deltakerne gikk tregest med bruk av det elektriske ledesystemet. Noen av deltakerne krysset av ved to forskjellige hastigheter, det vil si at de gikk med en hastighet i trapperommet, mens de gikk med en annen hastighet i korridoren. Dette er grunnen til at det vises halvverdier i diagrammet.



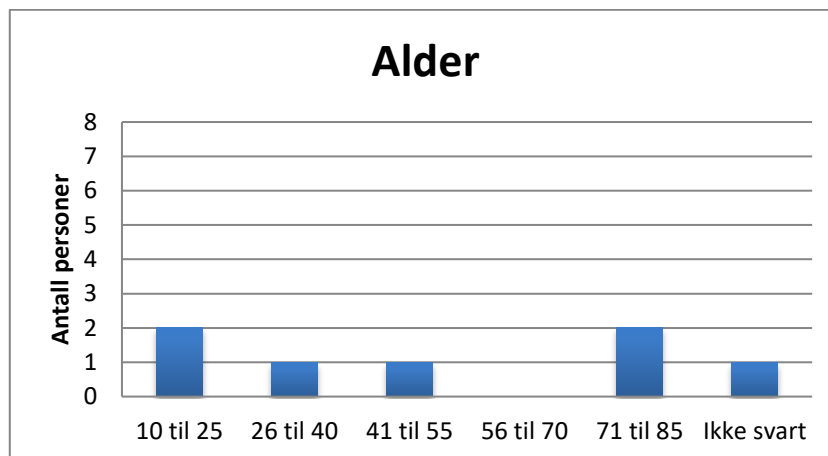
Figuren over viser at de fleste deltakerne hadde vansker med å se under rømningsforsøket med elektrisk ledesystem. De fleste deltakerne syntes derimot ikke det var vanskelig å se med etterlysende ledesystem og med kombinert ledesystem.



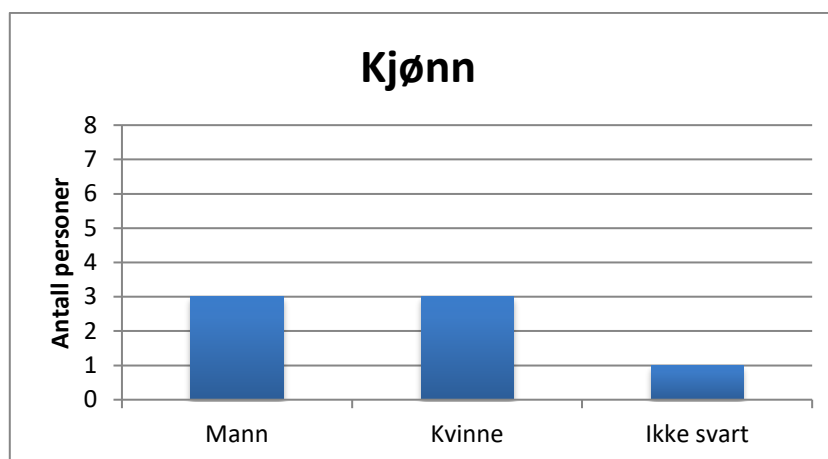
Figuren over viser at ingen av deltakerne var usikker på hvilken vei de skulle gå med etterlysende ledesystem og med kombinert ledesystem. Noen av deltakerne ble derimot usikker på hvilken vei de skulle gå når det var bruk av elektrisk ledesystem.



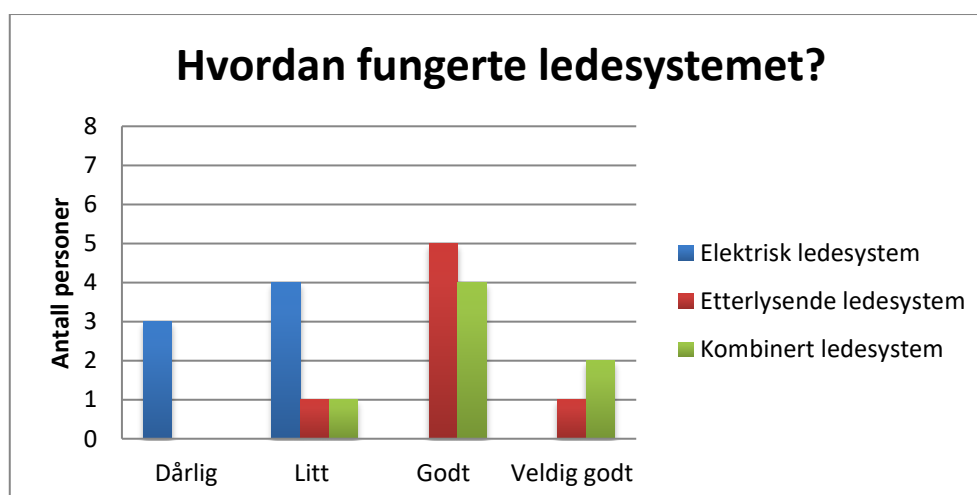
Figuren over viser at ingen av deltakerne vurderte å snu under forsøkene.



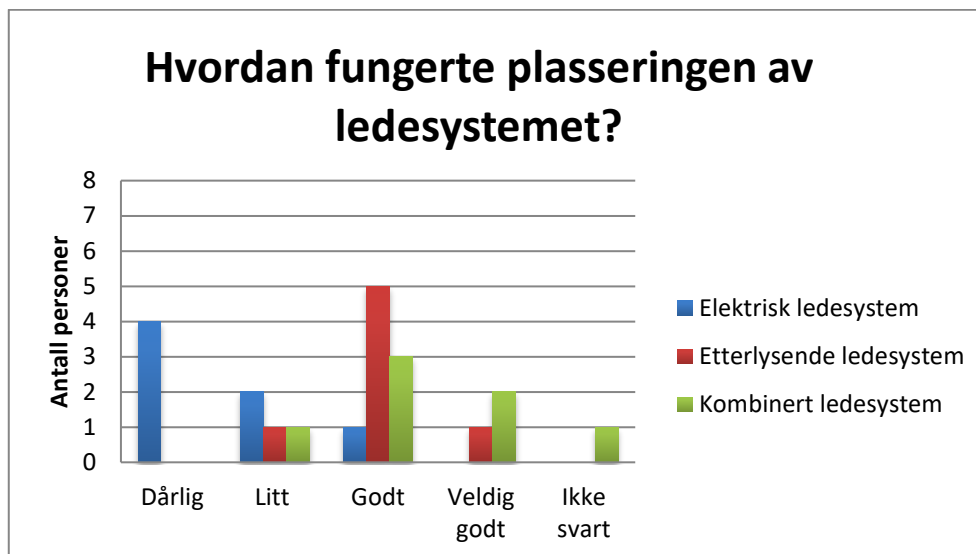
Figuren over viser aldersfordelingen til deltakerne som deltok i forsøkene med røyk.



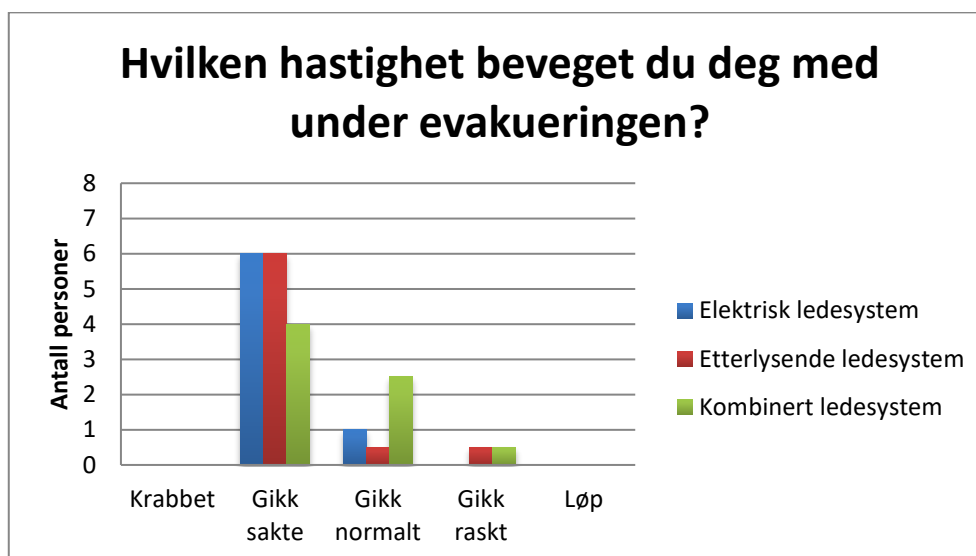
Figuren over viser kjønnsfordelingen til deltakerne som deltok i forsøkene med røyk.



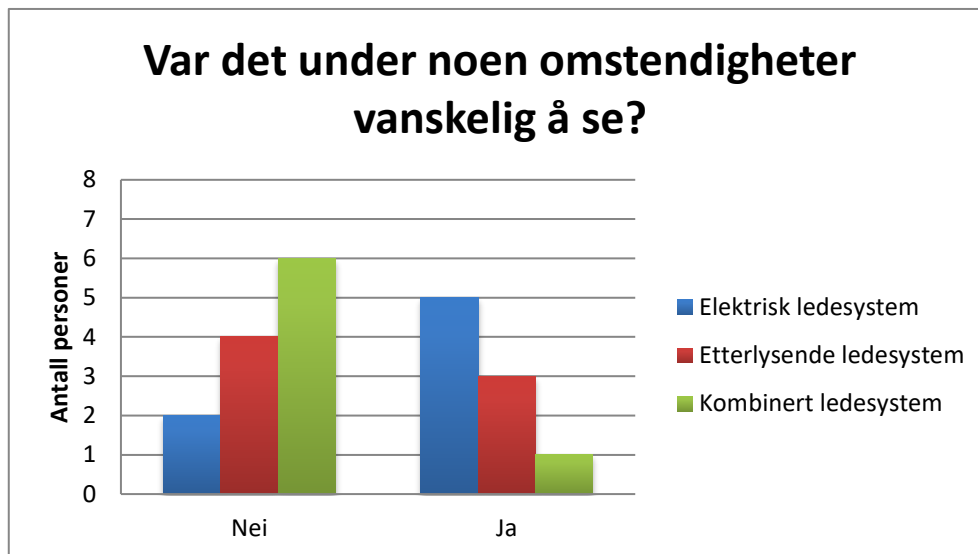
Figuren over viser hvordan deltakerne syntes ledesystemet fungerte. I følge figuren syntes deltakerne at det kombinerte ledesystemet og det etterlysende ledesystemet fungerte best. Deltakerne syntes det elektriske ledesystemet fungerte litt eller dårlig i scenarioriet med røyk.



Figuren over viser hvordan deltakerne syntes plasseringen av ledesystemet fungerte. Resultatene varierer, men overens fungerte plassering av det kombinerte ledesystemet og det etterlysende ledesystemet best. Plasseringen av det elektriske ledesystemet fungerte dårligst.



Figuren over viser ganghastigheten til deltakerne ved hvert forsøk. Ganghastigheten for de tre forsøkene er fordelt ganske jevnt, men med kombinert ledesystem ble ganghastigheten noe hurtigere enn med elektrisk ledesystem og etterlysende ledesystem. Noen av deltakerne krysset av for flere hastigheter, der de hadde en hastighet i trapperommet og en annen hastighet i korridoren. Dette er grunnen til at det vises halvverdier i diagrammet.



Figuren over viser at de fleste deltakerne hadde vansker med å se under rømningsforsøket med elektrisk ledesystem. Med etterlysende ledesystem var det noen av deltakerne som syntes at det under noen omstendigheter var vanskelig å se, og noen som syntes det ikke var vanskelig å se. De fleste deltakerne hadde ikke vansker med å se med kombinert ledesystem.



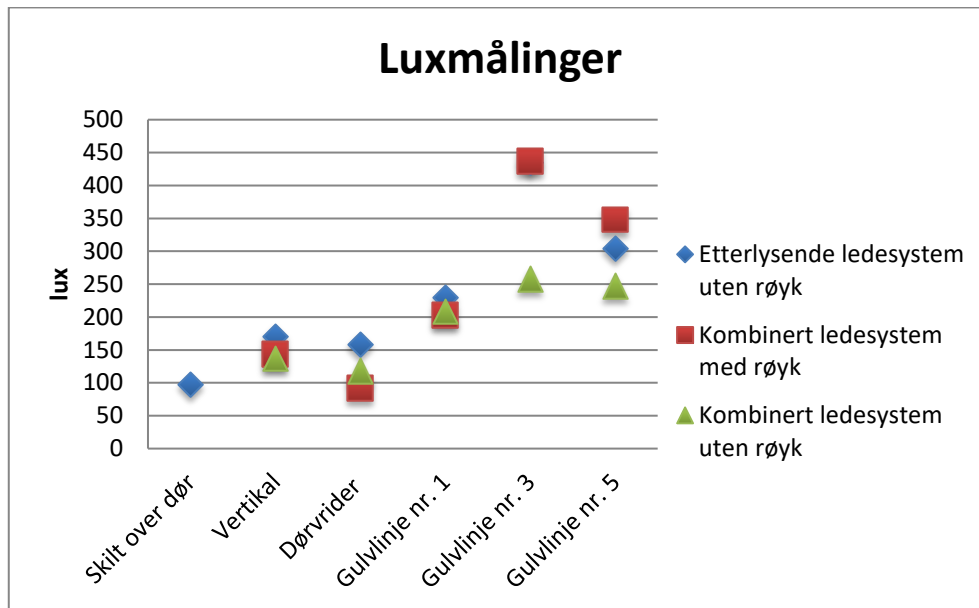
Figuren over viser at ingen av deltakerne var usikker på hvilken vei de skulle gå under rømningsforsøkene med etterlysende ledesystem og kombinert ledesystem. Under forsøket med elektrisk ledesystem ble de fleste deltakerne på noe tidspunkt usikker på hvilken vei de skulle gå.



Figuren over viser at ingen av deltakerne vurderte å snu under forsøkene. To deltakere har ikke svart på dette spørsmålet etter forsøket med elektrisk ledesystem.

Vedlegg 3.3 Luxmålingene

Figuren nedenfor viser resultatene fra luxmålingene som ble gjort før gjennomføring av luminansmålingene i de tre forsøkene.



For forsøket med kombinert ledesystem med røyk ble det gjennomført nye luxmålinger etter at korridoren var fylt med røyk, før lyst ble slukket. I tabellen nedenfor vises resultatene fra disse målingene.

Plassering	lux
Vertikal	64
Dørrvrider	70
Gulvlinje nr. 1	53
Gulvlinje nr. 3	101
Gulvlinje nr. 5	60

Kanalveien 105 A, 5068 BERGEN
Telefon +47 09110

FIRESAFE

NO 958249799 MVA

Måleprotokoll

Firma:	Sandsli Videregående Skole	Kontaktperson:	Iselin Tinjar Haugland
Adresse:	Sandsli marka 51	Serviceadresse:	Sandsli marka 51
Postnr/sted:	5254 SANDSLI	Telefon:	

Materialtype	Målepkt. nr.	Sted (etg./trapp/nr/tegning/e.i.)	Ladelys (LUX)	Type Lyskilde	Luminans 10 min (mcd/m ²)	Luminans 30 min (mcd/m ²)	Luminans 60 min (mcd/m ²)
Skilt over dør	1	2. etg. korridor fløy 3, nødutgang nordøst	97	*	146	57	30
vertikal	2	" "	170	*	174	67	25
dørvidder	3	" "	158	*	260	100	52
gulvløp	4	" "	230	*	159	64	33
" "	5	" " nr. 1 fra dør	435	*	147	60	29
" "	6	" " nr. 2 fra dør	304	*	137	55	29
		" " nr. 5 fra dør					

Instrumenttype	Hagner digital luminance meter ERP-105 No. 3153	Produsent:	Hagner	Modell:	ERP-105
Notater	Ederlysende Ledesystem				
Måling foretatt av:	Iselin Tinjar Haugland	Signatur:		Dato:	01.03.17
Ent. Myndighet:		Signatur:		Dato:	

* Lysrør 36 watt, farge 830



Måleprotokoll

Firma:	Sandsli Videregående Skole	Kontaktperson:	Iselin Tinjar Haugland
Adresse:	Sandsli marka 51	Serviceadresse:	Sandsli marka 51
Postnr/sted:	5254 SANDSLI	Telefon:	

Materialtype	Målepkt. nr.	Sted (etg./trapp/nr/tegning/e.l.)	Ladelys (LUX)	Type Lyskilde	Luminans 10 min (mcd/m ²)	Luminans 30 min (mcd/m ²)	Luminans 60 min (mcd/m ²)
vertikal	7	1. etg. korridor, fløy 3, nødutgang nordøst	144	*	144	58	34
dørvidder	8	"	92	*	222	91	56
gulvlinje	9	"	203	*	136	60	40
"	10	"	437	*	142	59	35
"	11	"	348	*	140	56	31
Horisontal							

Instrumenttype	Hagner digital luminance meter ERP-105 No. 3153	Produsent:	Hagner	Modell:	ERP-105
Notater	Kombinasjon av etterlysende og elektriske komponenter, med røyk				
Måling foretatt av:	Iselin Tinjar Haugland	Signatur:		Dato:	01.03.17
Ent. Myndighet:		Signatur:		Dato:	

* Lysrør 36 Watt, farge 830



Måleprotokoll

Firma:	Sandsli Videregående Skole	Kontaktperson:	Iselin Tinjar Haugland
Adresse:	Sandsli marka 51	Serviceadresse:	Sandsli marka 51
Postnr/sted:	5254 SANDSLI	Telefon:	

Materialtype	Målepkt. nr.	Sted (etg./trapp/nr/tegning/e.l.)	Ladelys (LUX)	Type Lyskilde	Luminans 10 min (mcd/m ²)	Luminans 30 min (mcd/m ²)	Luminans 60 min (mcd/m ²)
vertikal	12	2. etg. korridor, fløy B, nødutgang nordøst	137	*	200	65	33
dørvrider	13	"	118	*	300	105	53
gulvløse	14	"	208	*	202	66	36
"	15	"	258	*	166	57	28
"	16	"	247	*	158	55	26

Instrumenttype	Hagner digital luminance meter ERP-105 No. 3153	Produsent:	Hagner	Modell:	ERP-105
Notater	Kombinasjon av etterlysende og elektriske komponenter, uten røyk				
Måling foretatt av:	Iselin Tinjar Haugland	Signatur:		Dato:	01.03.17
Ent. Myndighet:		Signatur:		Dato:	

* Lysstyr 36 Watt, farge 830

Vedlegg 5 – Produktinformasjon

Vedlegg 5.1 Glamox E20-S G2

E20-S G2

LED-markerings- og ledelys



E20-S G2 er en ensidig, LED-basert nødlysarmatur som fungerer både som lede- og markeringslys. E20-S G2 er konstruert for applikasjoner med krav til IP-klassifisering og områder der lave temperaturer kan oppstå.

Skilt med forskjellige retninger leveres med armaturet. Dekker 13 meter som ledelys (1 -lux) montert på 2,7 meters takhøyde og har opp til 24 meter leseavstand som markeringslys.

E20 er laget for standard tak- eller veggmontering. Ved hjelp av spesielle braketter kan den flaggmonteres eller monteres nedhengt. En dobbelsidig versjon er tilgjengelig ved bruk av en spesial avdekning som bestilles på eget varenummer.

Variert med integrert batteribackup kan leveres med selvtest for automatisk testing i hht. relevant standard eller med sentral overvåking med DALI. E20-S G2 kan også leveres for sentralbatteri, 230V eller 24V DC.



E20-S G2

TEKNISK BESKRIVELSE

LYSKILDE

LED

MATERIALE OG FARGE OVERDEL

Polykarbonat

TILKOBLING

Kabelinnføring på toppen. 3x2,5 skruklemme.

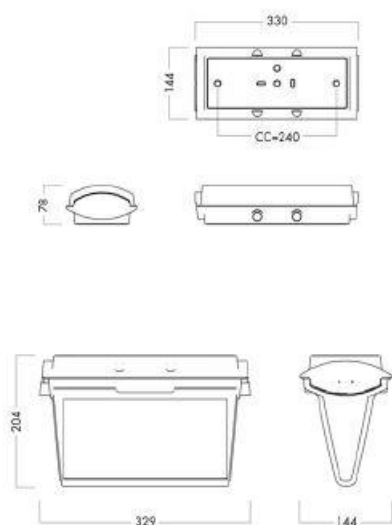
NØDLYS SYSTEM

Selvtst (ST) eller DALI.

230V eller 24V AC / DC sentralisert batteri er også tilgjengelig.

For tak- eller veggmontering. Flaggmontering ved bruk av en brakett som må bestilles separat.

MÅLSKISSE





Evacuation Route Photometer

MODEL **ERP-105**



For measurement of low level luminance.



The Hagner Photometer ERP-105 (Evacuation Route Photometer)

General Description

The Hagner ERP-105 Digital Photometer is a precision instrument designed to measure the luminance of photoluminescent signs and materials over a range of 0.01 -20,000 mcd/m², in the field as well as in the laboratory.

The light sensitive device is a robust silicon photo diode with long-term stability, which with the new patented amplification system is brought to a very high sensitivity. The detector is carefully filtered to produce the same spectral response characteristic as that of the human eye, as defined in.

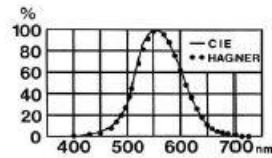
This remote sensor is supplied with 2 meters of flexible cable. Extension cables can also be used for measurements at any desired distance from the detector.

The instrument has built-in temperature compensation. A 'hold' function enables the display value to be retained. A DC-input is provided for a battery eliminator and an analogue output for external instruments such as loggers, computers and recorders.

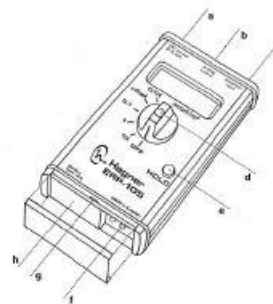
Specifications

Measurement range	0.01 to 19,990 mcd/m ² (0.00001-19.99 cd/ m ²)
Accuracy	Better than ± 3% (± 1 in the last digit on the display).
Temperature range	-5°C to +55°C
Power	1 pc 9V battery, type PP3 alkaline, or battery eliminator
Calibration temperature	+22°C
Output	0 to 200mV in steps of 100µV per displayed unit. Load impedance min 1000Ω.
Measurements	Instrument: 150 x 85 x 50 mm Detector: Height @ at front SD17: 60 mm outer = 65 mm inner = 45 mm SD27: 55 mm outer = 29 mm inner = 27 mm
Weight	0.65 / 0.45 kg (1.65 / 1.45 kg incl. carrying case & standard accessories)
Extra accessories	Magnetic holder for detector. Detector covers for reducing measurement area.

Spectral Sensitivity



The spectral sensitivity of the Hagner ERP-105 Digital Photometer closely relates to the visibility curve of the CIE standard observer.



Outputs and Controls

- a. Plug for battery eliminator
- b. Battery eliminator.
- c. Detector input
- d. Range switch
- e. Hold button
- f. Offset potentiometer
- g. Slot for removing lower end plate
- h. Battery compartment

B. Hagner AB, Box 2256, SE-169 02 Solna, Sweden Phone: +46 8 83 61 50 Fax: +46 8 83 93 57
E-mail: hagner@hagner.se



Digital luxmeter





The Hagner Digital Luxmeter EC1

The Hagner Digital Luxmeter, model EC1, is a small, handy and extremely easy-to-use instrument for accurate measurement of illuminance over a range of 0.1-200,000 lux. With both automatic zeroing and on/off switch, the only controls needed are a four-position range selection switch and a hold button for retaining the display value.

Operation

To open the lid, press the forward part lightly downward with your thumb and at the same time pull the latch upwards with the first two fingers of the same hand. The luxmeter comes on when the cover is opened and turns off when it is closed. Move the range switch to the range which will give the greatest accuracy and read the display. The hold function keeps the reading on the display until the hold button is released. Full instructions can be found on the inside of the cover.

Maintenance

The power source is a standard 9 volt battery. To avoid battery leakage only alkaline batteries should be used. When LOBAT appears on the display, it is time to replace the battery. However the luxmeter can be used for approximately 20 hours longer before replacing is necessary.

Change the battery by removing the screw at the front edge of the cover plate, which permits the plate to be lifted up and removed. When replacing it the lower edge of the plate must fit under the two bosses at the lower edge of the case before it can be closed again. The white plastic disc over the detector may be cleaned when necessary with a light damp cloth.

Calibration

The luxmeter is carefully calibrated when it is delivered. No recalibration should be necessary under normal use, if for any reason you believe the luxmeter is out of calibration, return it to your stockist or the manufacturer for examination.

The Hagner Digital Luxmeter EC1-X

The EC1-X has been designed for measurement of illuminance levels in places where it is important that the operator does not shade the detector. The EC1-X has the detector connected with a 2 meter long cable. An extension cable can also be connected.

Operation

The EC1-X is used exactly as the EC1. The detector can be connected or disconnected without causing any damage to the instrument. Care should be taken to ensure that the cable is not twisted when replacing the cable. It is recommended that the detector is rotated rather than winding the cable around the detector.

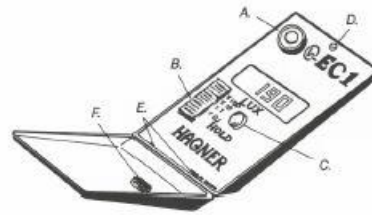
Please note

The detector is individually calibrated to the respective instrument and can not be interchanged with other detectors. Check carefully that the instrument number in the cover correspondence with the number of the detector.

Instrument data for EC1 and EC1-X

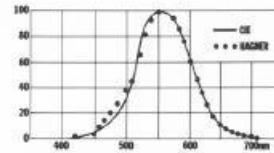
Detector	Silicon photodiode, V_{λ} -filtered and cosine corrected.
Measuring range	0.1-200,000 lux
Accuracy	Better than $\pm 3\%$ (± 1 in last digit)
Temperature drift	$< 10^{\circ}\text{C}$ $+0.35\%$ / $^{\circ}\text{C}$ $> 30^{\circ}\text{C}$ -0.35% / $^{\circ}\text{C}$
Power supply	9 volt battery type PP3 alkaline (lifetime = 350 HRS)
Dimension	135 x 75 X 35 mm
Weight	0.19 Kg (EC1-X 0.36 Kg with carrying case)

The Hagner Photometer, model EC1, EC1-X, can be made in several variants in the respect of sensitivity and spectral response. For instance: EC1 UV-A ultra violet 315 - 380 NM. EC1 IR infra-red 700-1150 NM.

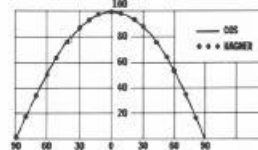


The controls and other parts of the luxmeter

- A. Detector
- B. Range switch
- C. Holdbutton
- D. Screw for coverplate
- E. Locking bosses for the coverplate
- F. Magnet that switches the instrument on and off



The spectral sensitivity of the Hagner luxmeter closely relates to the visibility curve of the CIE standard observer.



The cosine correction compensates for measuring errors owing to oblique incident light.

B. Hagner AB, Box 2258, SE-169 02 Solna, Sweden
Phone: +46 8 83 61 50 Fax: +46 8 83 93 57
Email: hagner@hagner.se

SMART SIGNS		TEKNISK INFORMASJON		Page 1(2)
Original date	Last edited	Project ETTERLYSENDE "LLL" PRODUKTER I PVC		Blått 1
				Document

1. Produkt

Smart Signs etterlysende LLL (Low Location Lighting System) ledelinje og skilt i PVC er iht. til krav i norsk standard NS3926.

2. Produkt beskrivelse

Meget sterk 1,2 mm tykk ledelinje og skilt i PVC med høye etterlysende egenskaper, behandlet med antistatisk overflate og enkelt å holde rent. Produktene er spesielt utviklet for å lime på jevne veggflater og fungerer utmerket i områder med svak naturlig eller kunstig belysning.

3. Plassering og Montering

Tilpasses kundens behov.

4. Brann toleranse

Flammesikker, selvslukkende, avgir ikke giftige gasser (tilsvarer brannklasse M1). Materialet har god brannmotstand og bidrar ikke til spredning av brann.

5. Slitasje og Sklisikkerhet

Smart Signs etterlysende LLL selvklebende linjemerking og skilt i PVC har høy slitasjemotstand og god bestandighet mot slitasje fra forbipasserende personer og støt.

6. Etterlysende Egenskaper

Smart Signs produkter er i samsvar med kravene i norske og internasjonale standarder NS 3926:2009, DIN 67510, ISO 16069:2004 og IMO A.752 (18). Når stimulert av omgivende lys på 1000 lux i 5 minutter, er de etterlysende egenskapene som følger:

Tid etter avslått lys i minutter	Luminans intensitet (mcd/kvm)
10 minutter	310
60 minutter	38
Lysvåghet	Våghet uten lys (minutter)
0,32 mcd/kvm	4270



SMART SIGNS	TEKNISK INFORMASJON ETTERLYSENDE "LLL" PRODUKTER I PVC	Page 2(2) Edition 1
--------------------	--	------------------------------

7. Piktogrammer og Farger

Piktogrammer og farger som benyttes i Smart Signs LLL serie er i samsvar med NS3926:2009 og ISO standarder.

8. Trykking

Silketrykk med UV bestandig overflate.

9. Renhold

Tørkes av med en ren tørr eller fuktig klut. Det er ikke nødvendig å bruke vaskemiddel.

10. Garanti

Ved montering rett på vegg eller i aluminumsskinne og forholdene ellers er normale for innendørs bruk gis det 5 års garanti.

11. Helse og Sikkerhet

Produktene inneholder ingen radioaktive stoffer. Når det gjelder toksisitet vurderes produktene som sikre iht. Europeisk norm EN 71-3.

12. Kvalitet og Sertifisering

Våre produkter utsettes for streng kvalitetskontroll av vår fabrikk som også tester produktene opp mot alle relevante standarder.

Smart Signs produkter er typegodkjent fra SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut.

13. Lovgivning og Standarder

Smart Signs etterlysende produkter overholder følgende standarder:

- ISO 16069:2004
- ISO 7010:2003
- ISO 3864
- ISO 15370: 2001(skip)
- IMO-resolusjon A.752 (18)
- DIN 67510

 Trainer™

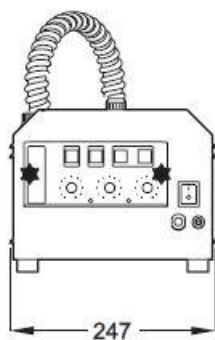
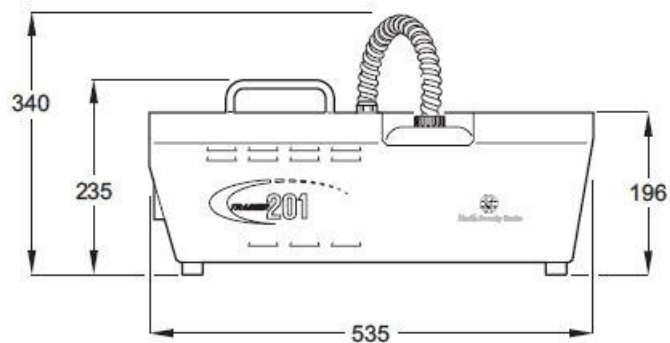


USER MANUAL

TRAINER 201

Dimensions

All dimensions are in millimeters



©2006-2010 MSS Professional A/S. All rights reserved. No part of this manual may be reproduced, in any form or by any means, without permission in writing from MSS Professional A/S, Denmark. Information subject to change without notice. MSS Professional A/S and all affiliated companies disclaim liability for any injury, damage, direct or indirect loss, consequential or economic loss or any other loss occasioned by the use of, inability to use or reliance on the information contained in this document.

P/N 35000180C



Trainer 201 specifications

Physical

Dimensions (L x W x H)	500 x 225 x 165 mm (20 x 9 x 6.6 in.)
Shipping dimensions (L x W x H) ..	670 x 310 x 300 mm (26.4 x 12.2 x 11.9 in.)
Weight (without fluid)	11 kg (24.2 lb.)
Weight (with fluid)	13.5 kg (29.8 lb.)

Performance

Maximum smoke output:	500 cubic meters (17 600 cubic ft.) per minute
Maximum operating time at full output	Approx. 1 hour 20 minutes
Operating time	Continuous, automatic output level adjustment
Warm-up time	Approx. 7 minutes

Control

Multifunction cable remote, 0-10 V analog
Instant smoke, stand-by, timer X8 and timer engage push-buttons
LED power and timer cycle indicators
Independent output level, timer delay and timer runtime controls
Timers: 2 - 144 sec. delay, 2 - 144 sec. runtime

Installation

Minimum clearance in front of output nozzle	1 m (40 inches)
Minimum free space around machine	10 cm (4 inches)
Minimum distance to combustible materials	60 cm (24 inches)
Orientation	Maximum 30° from horizontal
Minimum ambient temperature	5° C (41° F)
Maximum ambient temperature	40° C (104° F)

Heat exchanger

Heater	1 kW (at 240 V)
Thermal protection	Direct ceramic thermal trip device
Temperature control	Electronic (thermocouple)

Fluid system

Approved fluid	Martin Security Smoke Trainer Fluid, Medium or Heavy
On-board fluid capacity	2.5 liters (5.3 US pints/4.4 Imp. pints)
Fluid consumption at max. continuous output	75 ml per minute
Fluid pump	Piston, high pressure
Pump startup	Soft start electronics



Electrical

115 V model

AC power	110-120 V, 60 Hz nominal
Power and current*	1070 W, 9.72 A
Main fuse	T 15 A (slow blow), 250 V

230 V model

AC power	220-240 V, 50 Hz nominal
Power and current*	1070 W, 4.45 A
Main fuse	T 6.3 A (slow blow), 250 V

*At nominal voltage. Your local voltage may fluctuate. Allow for +/- 10% variation.

Connections

Power inlet	Hard-wired grounding (earthed) 2 m (6.5 ft.) cable tail w/o plug
Cable remote control connection	3-pin XLR
Ducting	Optional adaptor for 100 mm (4 inch) flexible ducting

Approvals

This product meets the requirements of the following EC Standards, and as such complies with the EMC and LVD directives of the European Community:



European EMC:	EN 50 081-1, EN 55 014, EN 55 022 /B, EN 60 555
European safety:	EN 60 335-1
Immunity:	EN 50 082-1, IEC 801-2, IEC 801-4

Included Items

Multifunction remote control with 6 m (19.5 ft.) cable

Accessories

2.5 liter container, MSS Professional Trainer Fluid Medium	P/N 97121223
2.5 liter container, MSS Professional Trainer Fluid Heavy	P/N 97121226
9.5 liter container, MSS Professional Trainer Fluid Medium	P/N 97121224
9.5 liter container, MSS Professional Trainer Fluid Heavy	P/N 97121227
25 liter container, MSS Professional Trainer Fluid Medium	P/N 97121225
25 liter container, MSS Professional Trainer Fluid Heavy	P/N 97121228
MSS ducting system incl. 5 m of 100 mm (4-inch) ducting	P/N 92622024

Ordering information

Trainer 201, 115 V, 60 Hz	P/N 92256110
Trainer 201, 230 V, 50 Hz	P/N 92256100

Specifications subject to change without notice.

Vedlegg 5.6 Beghelli ART:993-8SA1N

Det foreligger ikke produktinformasjon fra Beghelli. Av den grunn er det i stedet tatt bilde av et av retningskiltene brukt under forsøkene og oppgitt artikkelnummer på produktet.



Beghelli ART.993-8SA1N, 230 V, 50 Hz