

Øyvind Sandven

# Syklstars hastigheit ved vinterforhold

Masteroppgåve i Bygg- og miljøteknikk

Veileder: Thomas Jonsson

Juni 2019



Øyvind Sandven

# Syklstars hastigheit ved vinterforhold

Masteroppgåve i Bygg- og miljøteknikk  
Veileder: Thomas Jonsson  
Juni 2019

Noregs teknisk-naturvitskaplege universitet  
Fakultet for ingeniørvitenskap  
Institutt for bygg- og miljøteknikk



## Samandrag

Det har dei siste åra vore eit aukande fokus på å få fleire til å velja sykkel som transportmiddel. Særleg om vinteren har det lenge vore tradisjon å setja vekk sykkel, ettersom vinteren medfører utfordringar som kulde, dårleg føre og glatte vegar. Statens vegvesen har derfor auka fokuset på tilrettelegging for sykling gjennom heile året, gjennom betra vinterdrift av gang- og sykkelanlegg. Ulykkesstatistikken viser at den relative risikoen for sykkelulykker er lågare om vinteren enn om sommaren. Dette kan tyda på at dei som sykklar om vinteren er erfarne syklistar, men det kan òg tyda på at syklistane er meir forsiktige om vinteren. Eit interessant tema er dermed å finna ut kva som kjenneteiknar den typiske vintersyklisten, og korleis hastigheita blir tilpassa den kalde årstida.

Vinterveg er eit uttrykk for mange ulike typar vegunderlag. Sjølv om Statens vegvesen bruker mykje tid og ressursar på vinterdrift, er det framleis strekningar kor syklistane må opphalda seg på vegunderlag som inneheld snø, is eller slaps. Dette gjer det mogleg å observera vintersyklistar på forskjellige typar vintervegar, for å sjå korleis sykkelhastigheita blir påverka av vinterforhold. Det er tidlegare gjennomført studiar som viser nedgang i gjennomsnittshastigheit om vinteren, men det er ikkje funne litteratur på korleis spesifikke vegunderlag påverkar hastigheita for syklistane.

Hastighetsregistreringar vart gjennomført mellom januar og april i Trondheim, Noreg. Data vart samla inn gjennom manuelle observasjonar, kor mellom anna hastigheit, kjønn, aldersgruppe og type sykkel vart registrert. Hastigheita til 1120 syklistar vart målt på ulike typar vinterføreforhold ved hjelp av ein radar. Analyse av hastighetsdataa vart seinare gjennomført, kor det blant anna vart sjekka om gjennomsnittshastigheita var forskjellig ved ulike føreforhold med statistisk signifikans. I tillegg vart det utført regresjonsanalysar for å sjå kor mykje hastigheita endra seg ved ulike føreforhold, for ulike typar syklistar.

Ei slett overflate av kompaktert snø viste seg å vera eit vegunderlag med nesten lik gjennomsnittshastigheit som på bar mark. Dersom det derimot låg laus snø på vegbana av kompaktert snø, viste regresjonsmodellen ei tydeleg nedgang i forventa hastigheit. Det same gjaldt for slaps, noko som kan vera ein effekt av høgare rullemotstand. I nedoverbakke vart den forventa hastigheita tydeleg redusert på alle typar vinterføre. Menn i aldersgruppa 30 – 50 år var kategorien med syklistar som var minst påverka av vinterføre, og som hadde den høgaste gjennomsnittshastigheita. Denne kategorien hadde i tillegg høgare del syklistar med spesielt utstyr (el-sykkel, piggdekk, lykt, hjelm og refleksvest) enn den gjennomsnittlege syklisten.

## Summary

During the last couple of years, choosing bicycle as mode of transportation has seen an increasing trend. Traditionally, winter has been the season where bicycles are stored away, as the cold season lead to challenges such as freezing temperatures and poor road conditions. Therefore, the Norwegian Public Roads Administration has increased the focus on making it easier to ride a bicycle throughout the whole year, with improved winter maintenance on facilities for bicycles. Bicycle accident statistics show the relative risk is lower in winter than in summer. This may be a result of experienced cyclists during winter, but it may also indicate more careful cyclists in the cold season. An interesting topic is then to find out what characterizes the typical winter cyclist and how winter conditions affect cycling speed.

Winter road conditions is an expression which can mean many different types of road surfaces. Even though the Norwegian Public Roads Administration uses a lot of time and resources on winter maintenance, there are still parts of the road network where cyclists use the bicycle on surface conditions such as snow, ice and slush. This makes it possible to observe winter cyclists on different types of winter road surfaces, to see how the cycling speed is affected by road conditions. Previous studies show a decrease in average cycling speed during winter, but there is no research showing how specific winter road surfaces affects the cycling speed.

Registration of cycling speed was completed during the period January to April in Trondheim, Norway. Data was collected through manual observations, where among other things speed, gender, age group and type of bicycle was registered. The speed of 1120 cyclists were measured by a radar, and the measurements were done on different types of winter road surfaces. It was further made analyses of the speed data, where it was checked if the mean speeds on different road surface conditions were statistical significantly different from each other. Additionally, regression analyses were made to see how much the speed changed on different types of road surfaces, for different types of cyclists.

A smooth surface of compacted snow was a road surface with almost similar average speed as on bare ground. However, if loose snow were present on the layer of compacted snow, the regression model showed a clear reduction in expected speed. Slush generated reduced speed as well, which may be an effect of higher rolling resistance. Expected speed in downhill were reduced on all winter road conditions. Men in the age group 30 – 50 years old were the category of cyclists least affected by winter road surfaces and had the highest average speed. Additionally, this category had higher share of cyclists with special equipment (electrical bicycle, studded tires, light, helmet and high visibility vest) than the average cyclist.

## Forord

Denne masteroppgåva er utarbeida av Øyvind Sandven ved Institutt for bygg- og miljøteknikk ved Noregs teknisk-naturvitskaplege universitet (NTNU) våren 2019. Studieretninga oppgåva er skriven i er Veg, transport og geomatikk, med hovudprofil Transport. Masteroppgåva er vekta med 30 studiepoeng og er det avsluttande arbeidet på eit femårig studium.

Oppgåva handlar om vintersykling, og korleis syklistar tilpassar hastigheita til vinterforhold. Snø og is er ei ekstra utfordring for vintersyklistar, og kan vera noko av årsaka til at det er færre syklistar om vinteren enn om sommaren. Gjennom forskingsprogrammet BEVEGELSE har Statens vegvesen som mål finna ut korleis ein kan betra drift og vedlikehald for å få fleire til å gå og sykla om vinteren. Dersom fleire vel vekk bilen gjennom heile året, vil det bidra til eit betre klima og mindre kø. Fleire vintersyklistar vil hjelpa å nå målet om nullvekst i personbiltrafikken og betra miljøet i byane.

Det er skriva ein vitenskapleg artikkel, som er hovuddelen i masteroppgåva. Dette er ein kort og konsis tekst, kor målet er å publisera artikkelen i eit tidsskrift. Ein ekstra tekst er vedlagt for å tydelegare beskriva metoden for datainnsamling, og utfordringar undervegs i arbeidet. I tillegg er det lagt ved resultatet av eit litteraturstudium, som omhandlar vintersykling, syklistar og sykkelhastigheit. Artikkelen er skriven på engelsk, medan vedlegga er på norsk.

Eg rettar ein stor takk til veiledaren min ved NTNU, Thomas Jonsson. Han har undervegs kome med gode innspel og kommentarar i arbeidet mitt, i tillegg til god hjelp med skrivearbeidet tilknytt den vitenskaplege artikkelen. Eg vil og retta ein takk til Statens vegvesen for stipend og for hjelp undervegs frå Liv Øvstedal og Katja Rekilä, som arbeider med forskingsprogrammet BEVEGELSE i Statens vegvesen.

Trondheim, juni 2019



Øyvind Sandven

## **Innhald**

Samandrag.....	I
Summary .....	II
Forord.....	III

### Scientific article

Abstract .....	1
1 Introduction .....	1
2 Theory .....	2
2.1 Winter cycling .....	2
2.2 Cycling speed .....	3
3 Method.....	4
3.1 Study area.....	4
3.2 Data collection.....	4
3.3 Data analysis.....	5
4 Results .....	5
4.1 Cycling speed .....	5
4.2 The winter cyclist.....	9
5 Discussion .....	11
6 Conclusion.....	12
Acknowledgements .....	13
References.....	13

Vedlegg 1 - Prosessrapport

Vedlegg 2 - Litteraturgjennomgang



# Cycling speed during winter conditions

Øyvind Sandven<sup>1</sup>, Thomas Jonsson<sup>2</sup>

*Department of Civil and Environmental Engineering, Faculty of Engineering,  
NTNU — Norwegian University of Science and Technology, 7491 Trondheim, Norway*

---

## Abstract

With an increasing focus on climate and greenhouse gas emissions, the transportation sector has the last couple of years seen a growth in the share of bicycle riders. However, cycling rates in cities all around Norway decline significantly during the winter months. The impact of weather is believed to affect both who uses the bicycle and how the bicycle is used. In this study, speed distribution is analyzed on different road surface conditions, for different types of cyclists. Speed data was collected from roadside observations in Trondheim, Norway, both during Winter and Spring. Statistical analyses show a significant reduction in speed on some winter road surfaces, such as loose snow on compacted snow and slush. On level street sections a smooth layer of compacted snow was found not to affect the cycling speed to any extent, while in downhill, all winter road conditions led to reduction in cycling speed. Male cyclists in the age group 30 – 50 years old were found to be the group least affected by winter conditions. This was also the group with the highest share of special equipment, such as electrical bicycles, helmets and bicycle lights. The findings of this study can help future planning in regions with cold winters and designing of maintenance plans in particular. Based on the findings in this article, the impact of removing snow and ice from roads and cycle paths may be calculated.

*Keywords:* bicycle, cycling, winter, snow, speed

---

## 1 Introduction

Global statistics on greenhouse gas (GHG) emissions demonstrate a continuous increasing trend, where transportation is considered as one of the major contributors. In Norway, private cars alone are responsible for 4.6 million tons of carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) emissions, meaning 10.5% of the total CO<sub>2</sub>-emissions come from this source (Statistics Norway, 2017). Governments are working hard to stabilize GHG emissions and prevent further increases. For example, the Norwegian government is giving cycling more attention, to reach the goal of no growth in car-based traffic in urban areas (Ministry of Transportation, 2017). This is based on studies showing how incentives such as bicycle friendly street design can be an effective way of lowering GHG emissions (Kim and Ulfarsson, 2008). Short auto trips in particular are aimed to be replaced with bicycling (de Nazelle *et al.*, 2010).

Not only will an increase in bicycle ridership benefit with regards to climate change but also considering congestion and public health. The challenge is to reduce peak car traffic volumes over the whole year. Several studies demonstrate how the number of bicyclists decline during colder months, especially in countries with winter challenges such as snow and ice (Öberg *et al.*, 1996, Nankervis, 1999, Heinen, van Wee and Maat, 2010). This results in underutilization of bicycle infrastructure for many months, which makes it harder for municipalities to justify the need for funds to build better roads for cyclists. Additionally, less bicycles means more cars and a poorer local climate with increased particulate matter caused by studded tires on cars (Johansson, Norman and Gidhagen, 2007).

---

<sup>1</sup> oyvsan@stud.ntnu.no

<sup>2</sup> thomas.jonsson@ntnu.no

Numerous studies have investigated reasons for the decrease in this environmental-friendly transport mode during winter, and several conclude with surface conditions to be the most important reason (Miranda-Moreno and Kho, 2012, Bergström, 2002). Therefore, municipalities are spending time and money on clearing cycle paths for snow, to make it easier for commuters to choose bicycle instead of car. Use of power broom for snow clearance and brine for deicing is found to provide the highest service level of winter maintenance (Bergström, 2003). There is, however, not agreement among cyclists whether use of salt is a good or a bad thing. Many cyclists complain about salt causing rust on cycle and cycle chains, and a focus group in an American study points out the use of salt as “a hazard to commuting” (Spencer *et al.*, 2013). Meanwhile, a research from Sweden show that winter cyclists who had experienced the use of salt were more positive than other cyclists (Bergström, 2003). The challenge is, however, to convince summer-only cyclists to use the bicycle throughout the whole year. It is therefore of interest to know how different surface conditions affect different cyclists.

A Norwegian study examined data from emergency rooms in Oslo and calculated the relative risk per month as share of accidents divided by share of kilometer cycled. The results showed lowest relative risk in December, January and February (COWI, 2017). Spolander (2018) explains the reason for the low relative risk during winter to be that all-season cyclists are more experienced cyclists. It may also be an effect of more careful cyclists, adopting their speed to the road conditions. The road conditions through winter can vary from bare asphalt to slush, compacted layer of snow, loose snow and other types of surfaces involving snow and ice. Different road conditions can lead to reduced cycling speed for various reasons. Since loose snow creates higher rolling resistance, more effort is needed to keep up the speed. Also, when friction between wheel and surface is lower, the cyclist may choose to ride more carefully. A Swedish study found a decrease in average speed for cyclists during winter (Eriksson *et al.*, 2017), but it is not specified what road conditions the data is collected on. Therefore, it was in this study decided to investigate how winter road conditions affect the cycling speed and to gain more knowledge of the winter cyclist:

- How does different road surfaces affect the cycling speed during winter?
- What characterizes the typical winter cyclist?

## 2 Theory

### 2.1 Winter cycling

Knowledge about winter cycling is of high importance when planning for a bicycle friendly environment in cities with snow and ice conditions. Several studies have been conducted on the topic, especially in the northernmost countries who deals with these challenges every winter. As already mentioned, the decrease in number of bicycles on the road during winter is one of the main challenges for planners working with bicycle infrastructure (Heinen, van Wee and Maat, 2010). There are, however, several bicyclists who continue to use bicycles as transportation mode through the whole year. Most of the trips made during winter serves the purpose of transporting commuters to and from work (Amiri and Sadeghpour, 2015). This is different from the rest of the year, where the trip purpose is more likely to be exercise or recreation (Moudon *et al.*, 2005). Even though the largest group of winter cyclists are commuters, a Canadian study shows that commuters by bicycle are the most likely group to change their commute modes in the colder months (Nahal and Mitra, 2018). This raises the question of why summer-only cyclists stores away the two-wheeled mode of transportation during winter.

Darkness is found not to be a problem, ranked as least important of many factors in a Swedish survey looking into factors for mode choice when travelling in winter (Bergström and Magnusson, 2003). An interesting factor in this survey is temperature. Out of eleven factors temperature is ranked as the eighth most important factor for winter cyclist, while summer-only cyclists rank temperature as number one. This reflects a diversity in how cyclists experience the cold temperatures, something other studies can confirm. Amiri and Sadeghpour (2015) concludes temperature not to be a problem, where

71% of participants in a survey claim they would cycle regardless of temperatures down to -20°C. Flynn *et al.* (2012) finds temperature to have strong influences on the odds of commuting by bicycle, and a one degree Celsius increase raised the likelihood of biking by about 3%. Different types of cyclists are registered in the different studies, which results in varying opinions. Factors which are found to be of high importance in many studies are road condition and winter maintenance service levels of cycleways. Bergström and Magnusson (2003) finds in their study that 57% of the respondents thought winter maintenance should be improved, while Amiri and Sadeghpour (2015) locate “Icy road” to be the biggest safety concern for winter cyclists. Miranda-Moreno, Nosal and Kho (2013) identify “Ice/snow on road” as the main barrier for riding the bicycle in winter.

Women are more affected by winter condition than men, such as precipitation, temperature and road condition (Bergström and Magnusson, 2003). This explains the fact that women are less active than men on bicycles during winter (Bergström and Magnusson, 2003, Amiri and Sadeghpour, 2015, Nahal and Mitra, 2018). Age is another variable influencing the choice of whether to cycle or not. The age group with the highest share of winter cyclists are 20-34, where 62% of the cyclists continue to cycle throughout the winter (Bergström and Magnusson, 2003). For comparison it is found in the same Swedish study that 44% of the age group 50-64 are winter cyclists.

A reason for the larger share of men cycling in winter can be the perceived safety. Women consider the risk of bicycle accidents in winter to be higher than men, and they are more worried about the consequences (Kummeneje, 2017). Statistics show less bicycle accidents during winter than rest of the year, but this is related to less cyclists in general (Niska and Eriksson, 2013). A more accurate way to look at accidents can be relative risk, previously described as share of accidents divided by share of kilometer cycled. Both COWI (2017) and Spolander (2018) find lower relative risk in winter than in summer. A further study of the accidents which occur in winter indicate that most of them are single accidents, and 77% of the single accidents in January and February are caused by ice and snow (Niska and Eriksson, 2013). In another study injured persons were asked if the road surface was a contributory factor for the accidents, and 68% blamed ice and snow after cycling on winter conditions (Öberg *et al.*, 1996). The injury rate was calculated for different road conditions in three different Swedish cities, and the highest injury rate was found on different conditions in each city. Highest injury rates were found on bare asphalt summer, mixed road conditions and ice/snow. These variations indicate no clear answer in what surface conditions creates the highest injury risk.

## 2.2 *Cycling speed*

There are likewise differences in gender and age when it comes to cycling speed. Male cyclists operate with higher speed than female cyclists, and elderly cyclists are the group with lowest average speed (Lin *et al.*, 2008). The same study investigated the effect of electric bicycles (E-bikes) and observed a mean operating speed 48% higher than regular bicycles on a straight and level lane. Another study found this difference to be 27% faster for E-bikes (Xu *et al.*, 2015). The difference between regular bicycles and E-bikes is smaller in downhill and larger in uphill (Flügel *et al.*, 2017). Nonelectric bicycles have larger variations in speed dependent on the slope of the hill. There are also other factors than slope influencing speed for bicyclists. Eriksson *et al.* (2017) identified speed as dependent on type of bicycle, number of gears, the cyclist’s age, gender and physical condition, purpose of the trip, wind, inclination and road surface. Average speed is decreasing during winter months and Eriksson *et al.* (2017) explains it is reasonable to believe this is due to risk of falling. Bicycle mobility is reduced during winter and may also be a cause for the decreased average speed when snow is present (Høy, 2017). To the best of author’s knowledge there are few studies on the specific effect on speed in various winter road conditions.

### 3 Method

#### 3.1 Study area

This study investigated how different winter surface conditions affect the speed of cyclists and the data is collected in Trondheim, Norway. The city of Trondheim has a population of around 200 000 inhabitants and is the third largest city in Norway (Statistics Norway, 2018). Previous research shows 9% of the daily journeys in Trondheim are done by bicycle, making it the city with highest share of cyclists in Norway (Hjorthol, Engebretsen and Uteng, 2014). This may be a result of extensive work by the municipality, building new bicycle infrastructure in the city. It also includes a solid maintenance plan with high focus on winter maintenance on bicycle paths. The winter maintenance on infrastructure for cyclists and pedestrians is divided into two categories: winter road strategy and bare road strategy. The most trafficked cycle paths are operated with a bare road strategy which includes use of power broom to remove snow and salt to avoid ice formation. Salt is not used on winter roads, resulting in cycling on a base of snow when snow is present, and temperatures are low. Snowfall and freezing temperatures are not unlikely during winter in Trondheim. The city has an oceanic climate, but snowfall can occur and accumulate on the road from November to March. Average temperatures during these months varies between  $-4^{\circ}\text{C}$  and  $4^{\circ}\text{C}$  (Weather Spark, 2019). Based on data from 1971-2000 it is an average of between 25 and 50 days with more than 5 cm snow on the ground each year in Trondheim (seNorge, 2019). This may have changed the last years, but more recent data is not found.

Different locations for registrations were tested through a pilot study. A slope on the road can produce large variations in speed, where downhill creates higher speed and uphill lower speed (Eriksson *et al.*, 2017). In addition to cycling on a level street section, it was preferred to make registrations in a downhill, to possibly find larger differences in speed on different surface conditions. The slope at the registration spot in downhill was measured to be approximately 7%. Registrations were made at the same spots under different conditions. All the spots were minimum 50 meters away from any intersection, in order to capture all cyclists at their natural cruising speed.

#### 3.2 Data collection

The aim of the study has been to analyze cycling speed in different winter situations. Data was collected as manual roadside observations, with a radar of type Decatur Handheld Traffic Radar to measure cycling speed. Therefore, this research studies point speed, in comparison to travel speed. Point speed is the speed at one exact point, while travel speed is the average speed measured over a distance, including stops and other speed reducing obstacles. As a result of this, winter mobility for cyclists cannot be analyzed based on these data. Point speed allows analyzing the direct effect of surface conditions when measured at the same location in the same weather conditions. For that reason, all registrations were made under weather conditions considered not to influence the speed of the cyclists, which means no precipitation or wind. To measure the same type of cyclists, all the registrations were made in the rush hour during weekdays. Most of the registered cyclists are then commuters and riding their bicycle for the same purpose.

Gender, age group and type of bicycle are also noted in the registrations. As discussed in a previous chapter, the mean speed of E-bikes is higher than other bicycles. Consequently, E-bikes must be considered as a special type of bicycle. It is further of interest to explore the difference between males and females in adapting to winter conditions. Additionally, different types of equipment (helmet, light, high visibility vest and special clothing) was noted to see if these factors influenced the cycling speed.

### 3.3 Data analysis

A Student's t-test was performed to determine if speed data with different variables were significantly different from each other. Gender was tested with a null hypothesis saying the mean speed is equal for men and women, while the null hypothesis for surface conditions said speed is equal on winter road conditions and bare asphalt. A significance level of 5% was used, meaning the null hypothesis was rejected in favor for the alternative hypothesis if the calculated p-value was below 0.05. The samples in both cases were independent and an unpaired two-sample t-test were therefore performed. The t-test was done in Microsoft Excel.

Following the hypothesis testing, a general linear model was estimated to see the effect of different variables. More than one variable affects the cyclists speed, and with multiple linear regression each independent variable can be weighted differently. This creates a formula to calculate the expected speed with specific parameters. The basic formula for multiple linear regression is

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{i1} + \beta_2 X_{i2} + \dots + \beta_p X_{ip} + \epsilon_i$$

for each observation  $i = 1, \dots, n$ .  $Y$  will in this study mean speed. The values  $\beta_j$  represent parameters estimated by the data analysis tool "Regression" in Microsoft Excel. The constant  $\beta_0$  is indicating base speed for the selected variables, while the other  $\beta$ s are added or subtracted dependent on the binary variables  $X_i$ .

## 4 Results

### 4.1 Cycling speed

A total of 1120 cyclists were observed on two locations during the period January – April 2019. The speed of 600 cyclists were measured on different winter surface conditions, such as compacted snow (40 cyclists), loose snow on compacted snow (360 cyclists), slush (40 cyclists) and powder snow on asphalt (160 cyclists). The same locations were used to measure the speed of 520 cyclists on bare asphalt. Women counted for 32.9% of the observed cyclists, while 86.2% of the cyclists were younger than 50 years old. An electrical bicycle was used by 15.0%.

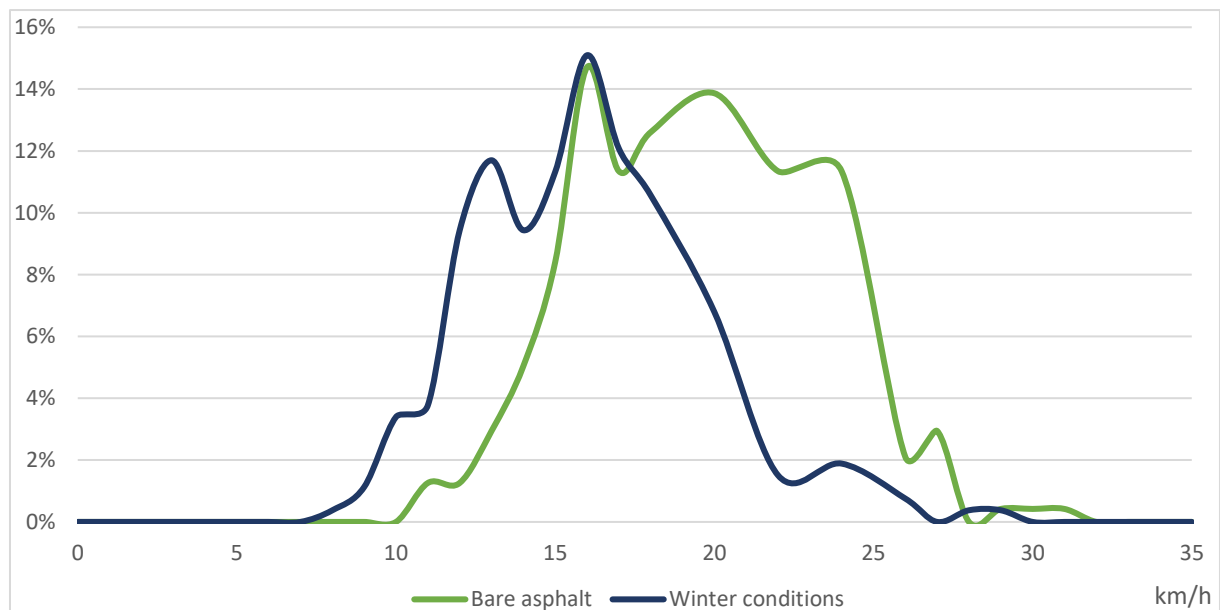


Figure 1: Speed distribution, level street section

Figure 1 demonstrate how the speed distribution is close to normal distribution for cyclists both on winter road conditions and on bare asphalt. The bare asphalt bell curve is shifted to the right, with a higher average speed on bare asphalt (19.5 km/h) compared to winter road surface (15.9 km/h). The speed measurements made under winter conditions on level street were performed on surfaces divided into three categories: “compacted snow,” “loose snow on compacted snow” and “slush.” Compacted snow is a layer of packed snow forming a smooth surface with low rolling resistance. Loose snow on compacted snow is the same packed surface but with an extra layer of powder snow, creating an increased rolling resistance. Slush is 5-10 cm of wet snow creating an even higher rolling resistance. A t-test is carried out as a comparison between the different road surfaces and to determine if the means are significantly different from each other. The p-values are calculated together with speed differences in Table 1, presenting a comparison between road surfaces. The difference in average speed between bare asphalt and compacted snow is calculated to be 0.4 km/h, and the p-value (0.5694) confirms there is no significant difference between the means of the two data sets. Based on the collected data, this is also the case for the comparison between loose snow on compacted snow and slush. The average speed for loose snow on compacted snow and slush is significantly lower than for bare asphalt and compacted snow.

Table 1: Speed differences on level street (p-values in parentheses)

	Mean	Variance	Bare asphalt	Compacted snow	Loose snow on compacted snow	Slush
	[km/h]	[km/h] <sup>2</sup>	Speed difference [km/h] (p-value)			
Bare asphalt	19.47	13.42				
Compacted snow	19.08	17.32	0.40			
			(0.5694)			
Loose snow on compacted snow	16.02	12.98	3.46	3.06		
			(0.0000)	(0.0001)		
Slush	15.48	5.40	4.00	3.60	0.54	
			(0.0000)	(0.0000)	(0.2174)	

To see how the speed is influenced by different variables a regression model was estimated, presented in Table 2. The base speed of 20.29 km/h is the average speed of a man, 30 – 50 years old, on a regular bike and bare asphalt as road surface. Model parameters are used to adjust the expected speed for other variable values. The value of R-square says the model with parameters explain 39% of the variance. As expected from the means in Table 1, road surface as slush generates the lowest expected speed, while compacted snow is closest to bare asphalt. The average female cyclist was calculated to travel 2.42 km/h slower than the average male cyclist. Cyclists in age group below 30 years old were in this study found to cycle 0.47 km/h slower than the age group 30 – 50 years old, but the difference was not statistically significant. The average cyclist over 50 years old operated at a speed 1.90 km/h slower than cyclists between 30 – 50 years old. If an electrical bicycle was used, the expected speed was increased by 3.70 km/h.

Table 2: Regression model, level street. Base speed: bare asphalt, male, age 30 – 50, regular bike

N	720
R-square	0.3964
Adjusted R-square	0.3904
P-value	0.0000

	Parameters [km/h]	Standard Error	P-value
Base speed	20.29	0.27	0.0000
Slush	-4.04	0.53	0.0000
Compacted snow	-1.29	0.52	0.0137
Loose snow on compacted snow	-3.84	0.25	0.0000
Female	-2.42	0.26	0.0000
Age <30	-0.47	0.27	0.0878
Age >50	-1.90	0.42	0.0000
E-bike	3.70	0.34	0.0000

Speed measurements in a level street section gives a suitable representation of speed decided by the cyclist. How much energy the cyclist puts into the pedals is a decisive factor for the achieved speed, compared to in a downhill. The choice of downhill speed is less dependent of how much energy the cyclist is willing to use and more dependent of perceived safety. Additional speed measurements were therefore made in a downhill to see how perceived safety influenced the speed under winter road conditions.

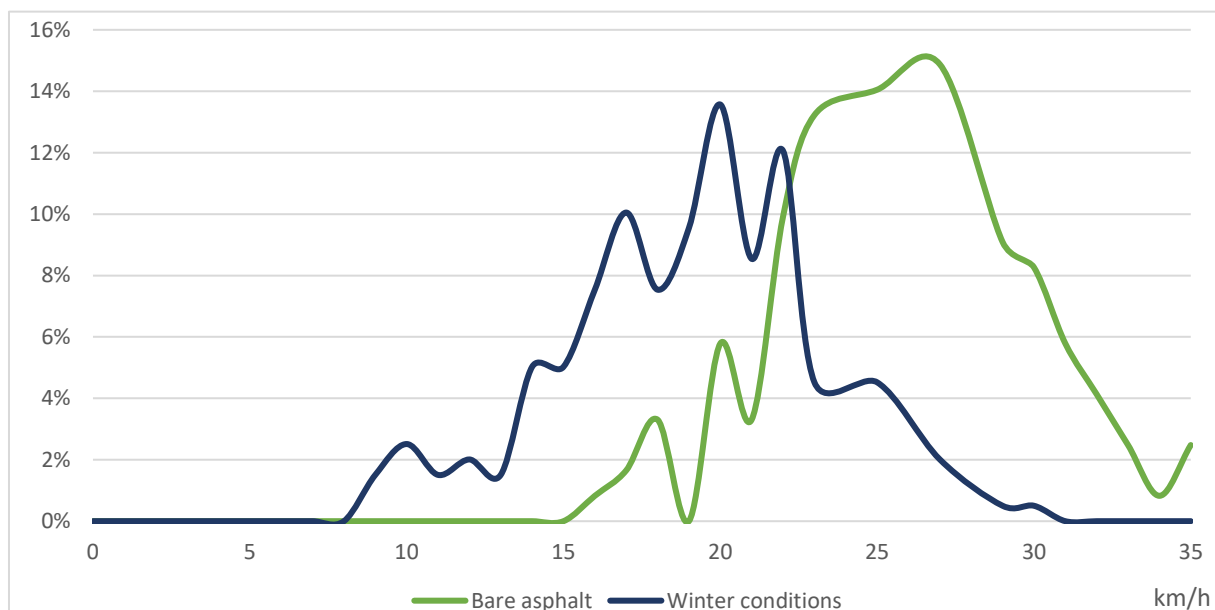


Figure 2: Speed distribution, downhill

The speed distributions for cyclists in downhill are as displayed in Figure 2 a flatter normal distribution, with a wider range of collected speed data. The bell curve representing bare asphalt speed is shifted even higher than in Figure 1, meaning downhill generates larger differences between winter conditions and bare asphalt than the level street section. The average speed in downhill under winter conditions is 19.2 km/h compared to 15.9 km/h on level street. This is a difference of 3.3 km/h. The same locations produce during spring an average speed of 26.0 km/h in downhill and 19.5 km/h on level street, which means a speed difference of 6.5 km/h when snow or ice is not present.

As at the level location, the winter road surface was divided into different categories: “powder snow on asphalt” and “loose snow on compacted snow.” Powder snow on asphalt is light, dry snow caused by cold weather. The amount of snow is very small and the bare asphalt under creates a low rolling resistance. However, the friction may be low as an effect of the cold temperatures. The t-test in Table 3 indicate that there are significant differences in speed on bare asphalt and bare asphalt with powder snow. The comparison of powder snow on asphalt and loose snow on compacted snow gives a p-value of 0.2665, which points out the means of the two winter surface conditions cannot be stated different with statistical significance.

Table 3: Speed differences in downhill (p-values in parentheses)

	Mean	Variance	Bare asphalt	Powder snow on asphalt	Loose snow on compacted snow
	[km/h]	[km/h] <sup>2</sup>	Speed difference [km/h] (p-value)		
Bare asphalt	26.59	13.06			
Powder snow on asphalt	19.39	17.09	7.20		
			(0.0000)		
Loose snow on compacted snow	18.70	16.01	7.89	0.69	
			(0.0000)	(0.2665)	

Multiple linear regression is used on the speed data from the location in downhill as well, presented in Table 4. The base speed of 27.85 km/h is the average speed on bare asphalt when the cyclist is a man between 30 to 50 years old. Electrical bicycles were not found to have any effect on the speed in downhill and is consequently not included in the regression model. The means calculated in Table 3 indicate a clear difference between bare asphalt and the winter road conditions. This is confirmed by the parameters in Table 4 where powder snow on asphalt reduce the expected average speed by 6.79 km/h, and loose snow on compacted snow lower it by 7.53 km/h. All other variables have a larger reduction in downhill than on level street.

Table 4: Regression model, downhill. Base speed: bare asphalt, male, age 30 – 50

N	400
R-square	0.5262
Adjusted R-square	0.5202
P-value	0.0000

	Parameters [km/h]	Standard Error	P-value
Base speed	27.85	0.34	0.0000
Powder snow on asphalt	-6.79	0.40	0.0000
Loose snow on compacted snow	-7.53	0.54	0.0000
Female	-2.95	0.38	0.0000
Age <30	-1.22	0.47	0.0095
Age >50	-2.00	0.46	0.0000



## 4.2 The winter cyclist

During the collection of speed data, additional data concerning gender, age and equipment was collected. The observations were made during the months January – April, covering both winter months and the spring month when seasonal cyclists start using their bicycle again. This data collection is used as a comparison between all-season cyclists and cyclists registered in April. The observations can be found in Table 5 and describe the distribution of age and gender during winter, spring and in total. Additionally, the share of cyclists with special equipment is calculated in the different time periods. The numbers calculated as total is not comparable with the average cyclists in Norway. Data is collected during rush hour and in only two locations, where most of the cyclists are students and cyclists commuting for work. Therefore, the “Total” in Table 5 is based on a sample which is not representative for the entire population.

The distribution of gender is similar for both winter cyclists and summer-only cyclists, where around one third of the cyclists are women. The age groups are much alike as well, with the largest variation being 1.4 percentage points difference between spring and winter in the age group 30 – 50 years old. The share of E-bikes is higher during the winter months with 16.5%, compared to 12.1% in April. The same trend applies for the equipment helmet, high visibility vest and special clothing. The highest reduction is found in special clothing, where 69.6% of the cyclists were clothed in cycle clothing or extra pants during winter, while only 32.1% wore special clothing during spring. The share of cyclists with high visibility vests were reduced from 30.7% to only 12.1%, and 20.9% more of the winter cyclists wore a helmet than the cyclists observed during April. Bicycles with studded tires were not possible to observe or hear on winter road surface, and the basis for the calculation of share of studded tires is from the observations in April. Bicycles with lights were not possible to detect in daylight, and the basis for the calculation of share of bicycle light is from the observations in winter, where winter darkness in Trondheim made it possible to register use of light.

Table 5: Comparison of all-season cyclists and cyclists observed in April

	<i>Winter</i>	<i>Spring</i>	<i>Total</i>
N	740	380	1120
Male	68.0 %	65.5 %	67.1 %
Female	32.0 %	34.5 %	32.9 %
Age <30	43.8 %	43.4 %	43.7 %
Age 30 – 50	42.0 %	43.4 %	42.5 %
Age >50	14.2 %	13.2 %	13.8 %
E-bike	16.5 %	12.1 %	15.0 %
Studded tires	-	60.5 %	60.5 %
Light	88.9 %	-	88.9 %
Helmet	75.7 %	62.6 %	71.3 %
High visibility vest	30.7 %	12.1 %	24.4 %
Special clothing	69.6 %	32.1 %	56.9 %

Based on Table 5, a man below 50 years old is the most typical cyclist. It is further investigated how male cyclists, 30 – 50 years old, differ from the rest of the cyclists with regards to speed and equipment.

Figure 3 presents how the average speed is higher for males (18.1 km/h) than for females (15.5 km/h) during winter conditions. A t-test comparing the means of the two genders gives a p-value less than 0.05 ( $p = 0.0000$ ), which means there is a significant difference between the two means. Figure 4 compares the average speed for different age groups of men and women on winter road surface. T-tests

used to compare different means in age groups, confirms the average speed is different for all groups. From this, male cyclists in the age group 30 – 50 years old are concluded to have the highest average speed on winter road conditions.

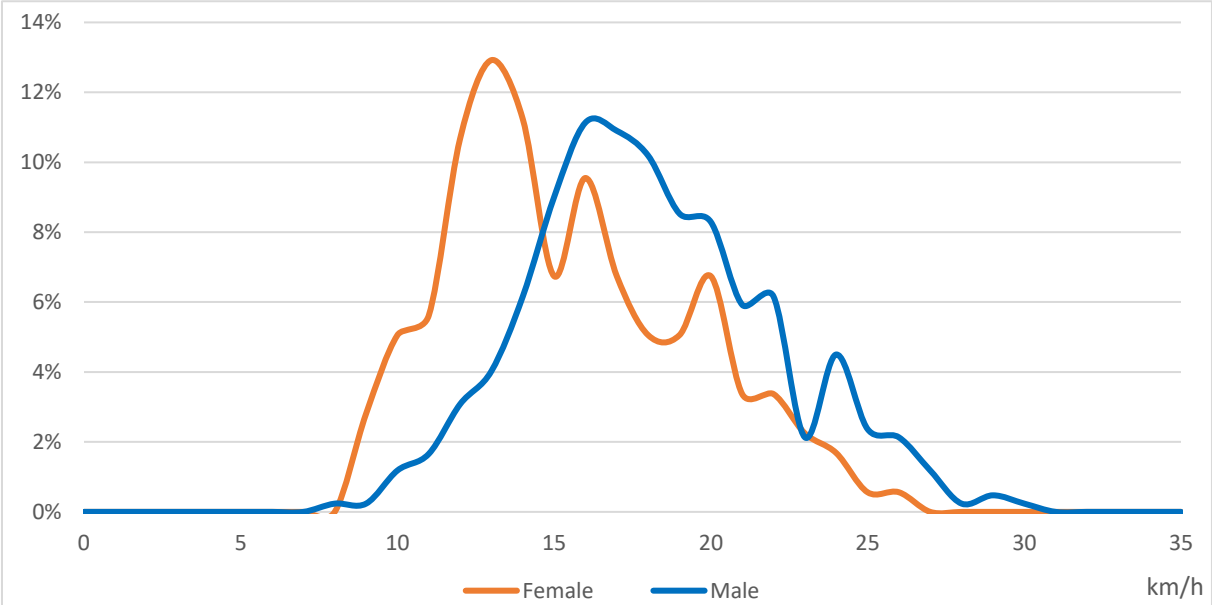


Figure 3: Speed distribution during winter, gender

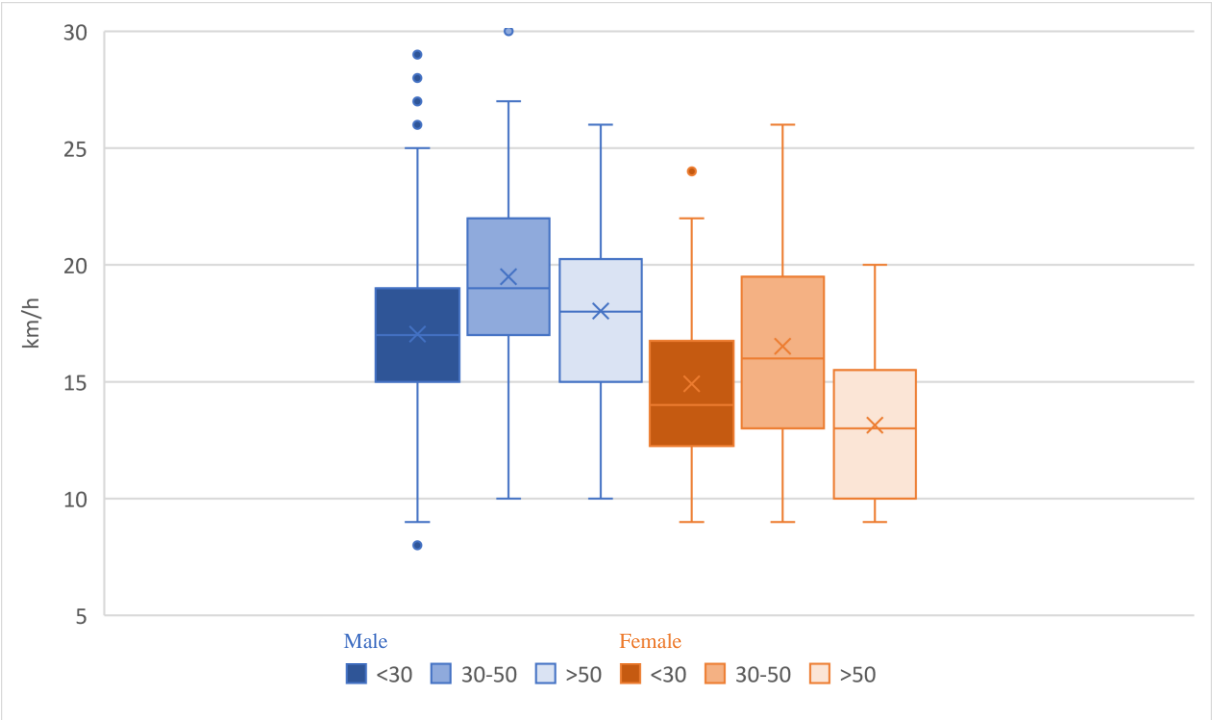


Figure 4: Speed on winter road surface

The share of cyclists with different types of equipment is already calculated in Table 5. Table 6 shows the share of equipment for male cyclists in the age group 30 – 50 years old, compared with other cyclists. All the types of equipment have a higher share for the 30 – 50-year-old man. This indicate a trend were this specific group of cyclists is more equipped than the average cyclist. Share of cyclists with studded tires is based on observations in April and share of cyclists with light is based on observations in January, February and March.

Table 6: Comparison of the male cyclist in age group 30-50 years old with the average cyclist in this study

	<i>Male, age 30-50</i>	<i>Total</i>
N	306	1120
E-bike	19.6 %	15.0 %
Studded tires	78.9 %	60.5 %
Light	96.6 %	88.9 %
Helmet	84.3 %	71.3 %
High visibility vest	31.4 %	24.4 %
Special clothing	76.8 %	56.9 %

## 5 Discussion

Using data from a sample of 1120 commuters who use bicycle as transportation mode, this study assessed the potential influence of a cyclist's road surface condition, socio-demographic characteristics and special equipment, on the choice of cycling speed. Rather than seasonal variations, this study focused on understanding the variation in day-to-day road conditions, and how it directly influenced the cyclists.

Speed data was collected on different road surfaces, both during winter and spring. Data collections and registrations during spring were made on dry, bare asphalt, to form a basis for comparison with the different winter road conditions. One of the observations on the level street section was the similarity in average speed between bare asphalt and compacted snow. The road surface formed as a smooth layer of compacted snow is a result of temperatures just below 0°C and fresh snow, recently compacted by the weight of cars driving on top of the snow. Although this winter road surface with low rolling resistance proved to be well suited for cyclists, it only occurred one day where the layer of compacted snow was even and clear of loose snow. Lower temperatures cause a “dryer” snow, and after cars and bicycles repeatedly runs over the snow, a layer of loose powder snow is created on top of the compacted snow. Loose snow lead to increased rolling resistance (Lindström, 1979), and this was the most typical winter road surface on the road maintained with a winter strategy. Higher temperatures cause a “wetter” snow called slush. This type of road surface was likewise rare, since slush could easily be removed by a snow plowing machine. Different road surface conditions were tested in the downhill. The observation site located in downhill where placed on a road with more car traffic than on the level street section, generating different winter road surfaces. Powder snow on asphalt was for many days the typical road condition and was considered a road surface with low rolling resistance. The road was plowed to the asphalt, but some dry, loose snow was left on the ground.

The speed data from a level street section was collected to see the effect of snow when cyclists decide the speed by how much energy they put into the pedals. Rolling resistance is an important factor for choice of speed on level street, and cyclists are influenced in different ways by the winter road surfaces. As already mentioned, the average speed on compacted snow was similar to bare asphalt, and a t-test could not confirm the means from the two data sets were different. The low rolling resistance on compacted snow is likely to be a decisive reason for this. The two other means which could not be distinguished were slush and loose snow on compacted snow. These are road surfaces creating a high rolling resistance (Lindström, 1979), requiring more energy from the cyclists to achieve the same speed as on bare asphalt. Expected speed from the regression model in Table 2 is reduced by much more on slush and loose snow than on compacted snow, which strengthen the hypothesis of rolling resistance being a decisive factor for cycling speed on level street.

Downhill speed data show a different trend than speed data from level street. Powder snow on asphalt generated an average speed significantly different from on bare asphalt, despite a low rolling resistance. The reason for this may be decreased perceived safety for the cyclists. Friction between

bicycle tire and ground is reduced even with studded tires, and the cyclists experience an increased risk of falling because of the slippery surface. The results from the regression models show a larger speed reduction on winter surface in downhill than on level street. Previous studies show the same trend, where the difference between winter conditions and summer conditions becomes clearer in downhill (Eriksson *et al.*, 2017). Since downhill speed is not decided by how much energy the cyclist is willing to use, there are no observed difference between E-bikes and regular bikes. This complies with the findings made by Flügel *et al.* (2017), where the speed effect of E-bikes is smaller in downhill. This can again be related to perceived safety and explain why winter road surfaces both with low rolling resistance and high rolling resistance, produces almost equally reduced expected speed in downhill.

R-square is calculated in both regression analysis's, to see how accurate the model gets when parameters are included. On level street, R-square was calculated to be 0.3904, which means the parameters make the approximation of expected speed 39% better. More variables than the selected ones in the regression analysis matter, and this explains the rather low R-square. Wind, weather, physical condition on the cyclist, type of bicycle, width of tires on the bicycle and air pressure in the bicycle tire are examples of variables not included in the regression analysis but can influence the speed of the cyclist. There are numerous factors contributing in determining the cycling speed and only a few are included in the regression model. R-square was in downhill calculated to be 0.5202, a value higher than for the regression analysis on level street. The reason for a more accurate model in downhill, is less variables influencing the cycling speed. For example, E-bikes are not included since the speed is not dependent on the use of pedals in downhill.

During the collection of speed data, additional information was also collected. These observations made it possible to study differences between cyclists in winter and cyclists in spring. Many of the measured "summer cyclists" were using their bicycle during winter as well, this can be seen from the share of cyclists with studded tires in April. Out of the cyclists observed in April were 60.5% registered to use studded tires. These cyclists were likely to cycle through winter as well. Therefore, this study cannot distinguish between all-season cyclists and cyclists who only uses their bicycle when snow is not present. However, differences between data collected in the winter months and in April may be an indicator of how these two groups are different. Table 5 shows how the share of all types of equipment is higher in winter than in spring. More E-bikes and higher share of helmet usage may indicate that winter cyclists are more dedicated cyclists than summer cyclists. Some of the equipment has a higher share as a natural cause of winter. Colder weather means special clothing is more needed to keep the cyclist warm, while in summer it may be possible to jump on the bicycle wearing the same clothes as to work or school. The winter darkness makes the call for high visibility vest more needed, which explains the decrease in number of high visibility vests in April.

Further analysis of the data showed an overweight of men, slightly more in winter than in spring. Male cyclists have a higher average speed than female cyclists, and the specific group of men, 30 – 50 years old, is pointed out as the group with highest average speed. A closer look into this group show a higher share than the average cyclist in all the categories of special equipment. This complies with the findings in studies made by Høye (2017), who states winter cyclists are more often men with helmet and light, and they operate at higher speeds than the rest of cyclists. This specific group is overrepresented in winter, they have a high share on usage of special equipment and cycle faster than the rest of the cyclists. A likely reason for the low relative risk in winter months calculated by COWI (2017) may therefore be the high share of 30 – 50 years old, male cyclists during this period.

## 6 Conclusion

In this paper we studied the operating speed of bicycles on winter road surface conditions and compared the speed data with operating speed on bare asphalt. Based on data collection from manual road observations on two locations in Trondheim, Norway, speed distribution was analyzed in regards of road surface, gender, age group and type of bicycle. Several interesting results were obtained using a Student's t-test and a multiple linear regression model.

On level street, a smooth layer of compacted snow was found to generate similar speed data as bare asphalt. The surface conditions which produced data sets with mean speed significantly lower than on bare asphalt, were loose snow on compacted snow and slush. Bare asphalt and winter road surface had larger speed differences in downhill. Results from the regression model suggested an average speed 6.79 km/h slower on powder snow on asphalt compared to bare asphalt, and loose snow on compacted snow was estimated to generate a speed 7.53 km/h slower than on bare asphalt.

The average cycling speed for women were in general lower than for men, and during winter conditions were the female average speed calculated to be 2.6 km/h slower than the male average speed. Further, the age group 30 – 50 years old were found to have the highest speeds, meaning a 30 – 50-year-old man is the cyclist operating with highest speed. Roadside observations show this specific group of cyclists is highly represented both in winter and in spring, and the group has a higher share of cyclists with special equipment than the average cyclists.

The findings of the article can help future bicycle planning in regions with cold weather. Future research will focus on gathering more speed data on different winter road surfaces. A model can then be made, to see how different winter strategies lead to different average speeds. It is also desirable to see how cycling speed is influenced by rolling resistance, and if more parameters result in a more accurate regression model.

## Acknowledgements

Many thanks to Liv Rakel Øvstedal and Katja-Pauliina Rekilä in The Norwegian Public Roads Administration for feedback and suggestions during the work. The authors also express their appreciation to professors and associate professors at the research group “Road, Transport and Geomatics” in the Department of Civil and Environmental Engineering at the Norwegian University of Science and Technology, for helpful ideas throughout the work.

## References

- Amiri, M. and Sadeghpour, F. (2015) Cycling characteristics in cities with cold weather, *Sustainable Cities and Society*, 14, pp. 397-403. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2013.11.009>.
- Bergström, A. (2002) *Winter maintenance and cycleways*. Doctor of Philosophy, Kungliga Tekniska Högskolan. Available at: <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:9136/FULLTEXT01.pdf> (Accessed: 31.10.18).
- Bergström, A. (2003) More Effective Winter Maintenance Method for Cycleways, *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1824, pp. 115-122. doi: <https://doi.org/10.3141/1824-13>.
- Bergström, A. and Magnusson, R. (2003) Potential of transferring car trips to bicycle during winter, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 37(8), pp. 649-666. doi: [https://doi.org/10.1016/S0965-8564\(03\)00012-0](https://doi.org/10.1016/S0965-8564(03)00012-0).
- COWI (2017) *En reanalyse av skadde sykklister i Oslo 2014 basert på data fra Oslo skadelegevakt*. COWI. Available at: [https://www.vegvesen.no/attachment/2020852/binary/1209376?fast\\_title=En+reanalyse+av+skadde+sykklister+i+Oslo+2014.pdf](https://www.vegvesen.no/attachment/2020852/binary/1209376?fast_title=En+reanalyse+av+skadde+sykklister+i+Oslo+2014.pdf) (Accessed: 22.11.18).
- de Nazelle, A. *et al.* (2010) Short trips: An opportunity for reducing mobile-source emissions?, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 15(8), pp. 451-457. doi: <https://doi.org/10.1016/j.trd.2010.04.012>.
- Eriksson, J. *et al.* (2017) *Cyklisters hastigheter - kartläggning, mätningar och observation*. (VTI-rapport 943). Linköping: Statens väg- och transportforskningsinstitut. Available at: <http://vti.diva-portal.org/smash/get/diva2:1115997/FULLTEXT01.pdf> (Accessed: 27.11.18).
- Flügel, S. *et al.* (2017) *Fartsmode for sykkel og elsykkel*. (TØI-rapport 1557/2017). Oslo: Transportøkonomisk institutt. Available at: <https://www.toi.no/getfile.php?mmfileid=45144> (Accessed: 05.12.18).
- Flynn, B. S. *et al.* (2012) Weather factor impacts on commuting to work by bicycle, *Preventive Medicine*, 54(2), pp. 122-124. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2011.11.002>.
- Heinen, E., van Wee, B. and Maat, K. (2010) Commuting by Bicycle: An Overview of the Literature, *Transport Reviews*, 30(1), pp. 59-96. doi: <https://doi.org/10.1080/01441640903187001>.
- Hjorthol, R., Engebretsen, Ø. and Uteng, T. P. (2014) *Den nasjonale reisevaneundersøkelsen 2013/14 - nøkkelrapport*. (TØI-report 1383/2014). Oslo: Transportøkonomisk institutt. Available at: <https://www.toi.no/getfile.php?mmfileid=39511> (Accessed: 12.02.18).

- Høye, A. (2017) *Trafikksikkerhet for syklistene*. (TØI-rapport 1597/2017). Oslo: Transportøkonomisk institutt. Available at: <https://www.toi.no/getfile.php?mmfileid=46551> (Accessed: 03.05.19).
- Johansson, C., Norman, M. and Gidhagen, L. (2007) Spatial & temporal variations of PM10 and particle number concentrations in urban air, *Environmental Monitoring Assessment*, 127(1), pp. 477-487. doi: <https://doi.org/10.1007/s10661-006-9296-4>.
- Kim, S. and Ulfarsson, G. F. (2008) Curbing automobile use for sustainable transportation: analysis of mode choice on short home-based trips, *Transportation*, 35(6), pp. 723-737. doi: <https://doi.org/10.1007/s11116-008-9177-5>.
- Kummeneje, A.-M. (2017) *Risikopersepsjon og reiseatferd for gående og syklende*. Trondheim: NTNU. Available at: [https://www.vegvesen.no/\\_attachment/2409352/binary/1277058?fast\\_title=Risikopersepsjon+og+reiseatferd+for+g%C3%A5ende+og+syklende.pdf](https://www.vegvesen.no/_attachment/2409352/binary/1277058?fast_title=Risikopersepsjon+og+reiseatferd+for+g%C3%A5ende+og+syklende.pdf) (Accessed: 28.09.18).
- Lin, S. et al. (2008) Comparison Study on Operating Speeds of Electric Bicycles and Bicycles: Experience from Field Investigation in Kunming, China, 2048(1), pp. 52-59. doi: <https://doi.org/10.3141/2048-07>.
- Lindström, M. (1979) *Aircraft Rolling Resistance in Loose Dry Snow*. (VTI-rapport 173A). Linköping: Statens väg- och trafikinstitut. Available at: [http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:674319/FULLTEXT01.pdf?fbclid=IwAR2XlJd\\_Ju4aULUpOd5LFqBDTNizETCuwG5kJDc5ReSDqmc\\_zSpRha-xABk](http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:674319/FULLTEXT01.pdf?fbclid=IwAR2XlJd_Ju4aULUpOd5LFqBDTNizETCuwG5kJDc5ReSDqmc_zSpRha-xABk) (Accessed: 05.06.19).
- Ministry of Transportation (2017) *Nasjonal transportplan 2018-2029*. Available at: <https://www.regjeringen.no/contentassets/7c52fd2938ca42209e4286fe86bb28bd/no/pdfs/stm20162017033000dddpdfs.pdf>.
- Miranda-Moreno, L. F. and Kho, C. (2012) *Winter Cycling in North American Cities: Climate and Roadway Surface Conditions*. (TRB-report 12-4110). Washington DC: Transportation Research Board. Available at: <https://trid.trb.org/view/1130683> (Accessed: 11.02.19).
- Miranda-Moreno, L. F., Nosal, T. and Kho, C. (2013) *If We Clear Them, Will They Come? Study to Identify Determinants of Winter Bicycling in Two Cold Canadian Cities*. (TRB 92nd Annual Meeting Compendium of Papers 13-3153). Montréal: Transportation Research Board. Available at: <https://trid.trb.org/view/1241864> (Accessed: 31.01.19).
- Moudon, A. V. et al. (2005) Cycling and the built environment, a US perspective, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 10(3), pp. 245-261. doi: <https://doi.org/10.1016/j.trd.2005.04.001>.
- Nahal, T. and Mitra, R. (2018) Facilitators and barriers to winter cycling: Case study of a downtown university in Toronto, Canada, *Journal of Transport & Health*, 10, pp. 262-271. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jth.2018.05.012>.
- Nankervis, M. (1999) The effect of weather and climate on bicycle commuting, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 33(6), pp. 417-431. doi: [https://doi.org/10.1016/S0965-8564\(98\)00022-6](https://doi.org/10.1016/S0965-8564(98)00022-6).
- Niska, A. and Eriksson, J. (2013) *Statistik över cyklister olyckor. Faktaunderlag till gemensam strategi för säker cykling*. (VTI-rapport 801). Linköping: Statens väg- och transportforskningsinstitut. Available at: <http://vti.diva-portal.org/smash/get/diva2:694821/FULLTEXT01.pdf> (Accessed: 28.09.18).
- seNorge (2019) *senorge.no*. Available at: <http://www.senorge.no/index.html?p=klima> (Accessed: 13.02.19).
- Spencer, P. et al. (2013) The effect of environmental factors on bicycle commuters in Vermont: influences of a northern climate, *Journal of Transport Geography*, 31, pp. 11-17. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2013.05.003>.
- Spolander, K. (2018) *Olyckor och risker som följd av ökad gång- och cykeltrafik. Analys av säsongsvariationerna*. Stockholm: Fotgängarnas förening FOT. Available at: [https://www.trafikverket.se/contentassets/18ea11a9cdb5461db63a14354a351e48/slutrappport\\_malkonflikt\\_oskydd.pdf](https://www.trafikverket.se/contentassets/18ea11a9cdb5461db63a14354a351e48/slutrappport_malkonflikt_oskydd.pdf) (Accessed: 15.05.19).
- Statistics Norway (2017) *Utslipp til luft*. Available at: <https://www.ssb.no/klimagassn/> (Accessed: 08.02.09).
- Statistics Norway (2018) *Befolkning*. Available at: <https://www.ssb.no/kommunefakta/trondheim> (Accessed: 12.02.18).
- Weather Spark (2019) *Average Weather in Trondheim*. Available at: <https://weatherspark.com/y/68746/Average-Weather-in-Trondheim-Norway-Year-Round> (Accessed: 13.02.19).
- Xu, C. et al. (2015) Modeling of speed distribution for mixed bicycle traffic flow, 7(11), pp. 1687814015616918. doi: 10.1177/1687814015616918.
- Öberg, G. et al. (1996) *Single accidents among pedestrians and cyclists*. (VTI-rapport 799A). Linköping: Statens väg- och transportforskningsinstitut. Available at: <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:673035/FULLTEXT01.pdf> (Accessed: 09.10.18).

# Vedlegg 1

## Prosessrapport

Dette vedlegget inneheld tankar og kommentarar som ikkje passa inn i den vitenskaplege artikkelen. Mykje av arbeidet med formulering av oppgåve og forskingsspørsmål var gjort allereie hausten 2018, i forbindelse med prosjektoppgåva. Metode vart òg vald på dette tidspunktet. Det er derfor naturleg at noko av oppgåva blir formulert annleis i løpet av våren 2019 og at dei originale planane for metoden vert endra. I det fyrste kapitlet i dette vedlegget vil det verta drøfta korleis registreringsområde vart vald, og kva erfaringar som vart gjort undervegs i arbeidet med innhenting av data. Andre kapittel omhandlar moglegheiter for vidare arbeid, og korleis ein med meir forskning kan finna nye løysingar.

# Innhald

1	Datainnsamling.....	1
1.1	Avgrensingar .....	1
1.2	Registreringsområde.....	1
1.2.1	Øvre Allé .....	3
1.2.2	Lillegårdsbakken .....	4
1.3	Kategorisering .....	6
1.3.1	Føreforhold.....	6
1.3.2	Kjønn og alder .....	6
1.3.3	Ekstra utstyr.....	7
1.4	Døme .....	8
2	Vidare arbeid .....	10
2.1	Samfunnsøkonomisk analyse av drift og vedlikehald .....	10
2.2	Relasjon mellom sykkelhastigheit og rullemotstand .....	10
2.3	Faktorar som påverkar sykkelhastigheit.....	11
	Referansar.....	12



# 1 Datainnsamling

## 1.1 Avgrensingar

Oppgåva tek føre seg korleis forskjellige vegunderlag knytt til vinter vil påverka hastigheita til syklistane. Det vart derfor gjennomført registreringar av punkthastigheit. Den andre vanlege hastigheita som er brukt er reisehastigheit, som er ei gjennomsnittshastigheit mellom A og B. Årsaka til at denne ikkje er nytta i denne undersøkinga, er at det er mange andre faktorar som spelar inn på hastigheita. Dersom ein ville finna ut korleis mobilitet endra seg for syklistar om vinteren, kunne dette vore ein metode å nytta. Ein ville då funne ut korleis alle vinterfaktorar til saman påverka hastigheita til syklisten. Dette inkluderer ikkje berre korleis underlaget endrar seg om vinteren, men òg korleis nye hindringar oppstår når snø må brøytast og plasserast ulike stader. For å få den direkte effekten av vegunderlaget er derfor punkthastigheit registrert i denne oppgåva.

Undervegs i hastigheitsregistreringane vart det også notert kjønn og alder på syklistane. Dette vart seinare nytta til å sjå fordelinga av ulike typar syklistar om vinteren og om våren. Det er likevel viktig å understreka at desse registreringane ikkje kan nyttast som sykkelteljingar, ettersom alle syklistar ikkje er tatt med i tidsrommet registreringane gjekk føre seg i. Hastigheita er målt ved hjelp av ein radar, og alle registreringane er gjort av berre ein person. Det hendte derfor ofte at syklistar ikkje vart registrert, ettersom berre ein syklist kunne bli målt hastigheit på når det kom fleire syklistar samtidig. Kva type syklist som vart målt i ei gruppe var tilfeldig, og dette ville dermed jamna seg ut etter kvart. Registreringane kunne dermed nyttast til å sjå på fordeling av type syklistar, men ikkje til sykkelteljingar.

I artikkelen er det som nemnd omtala fordelinga av ulike typar syklistar om vinter og vår. I tillegg er det ei kolonne kalla "Total" i "*Table 5: Comparison of all-seasonal cyclists and cyclists observed in April.*" Problemet med denne kolonna kan relaterast til føre avsnitt, med at det i oppgåva ikkje er gjennomført sykkelteljingar, men det er sett på fordeling av ulike typar syklistar. Lokasjonane sykkelregistreringane vart gjennomført på hadde ikkje eit representativt utval av syklistar, og den totale fordelinga i denne oppgåva kan ikkje samanliknast med til dømes fordeling av syklistar i den nasjonale reisevaneundersøkinga.

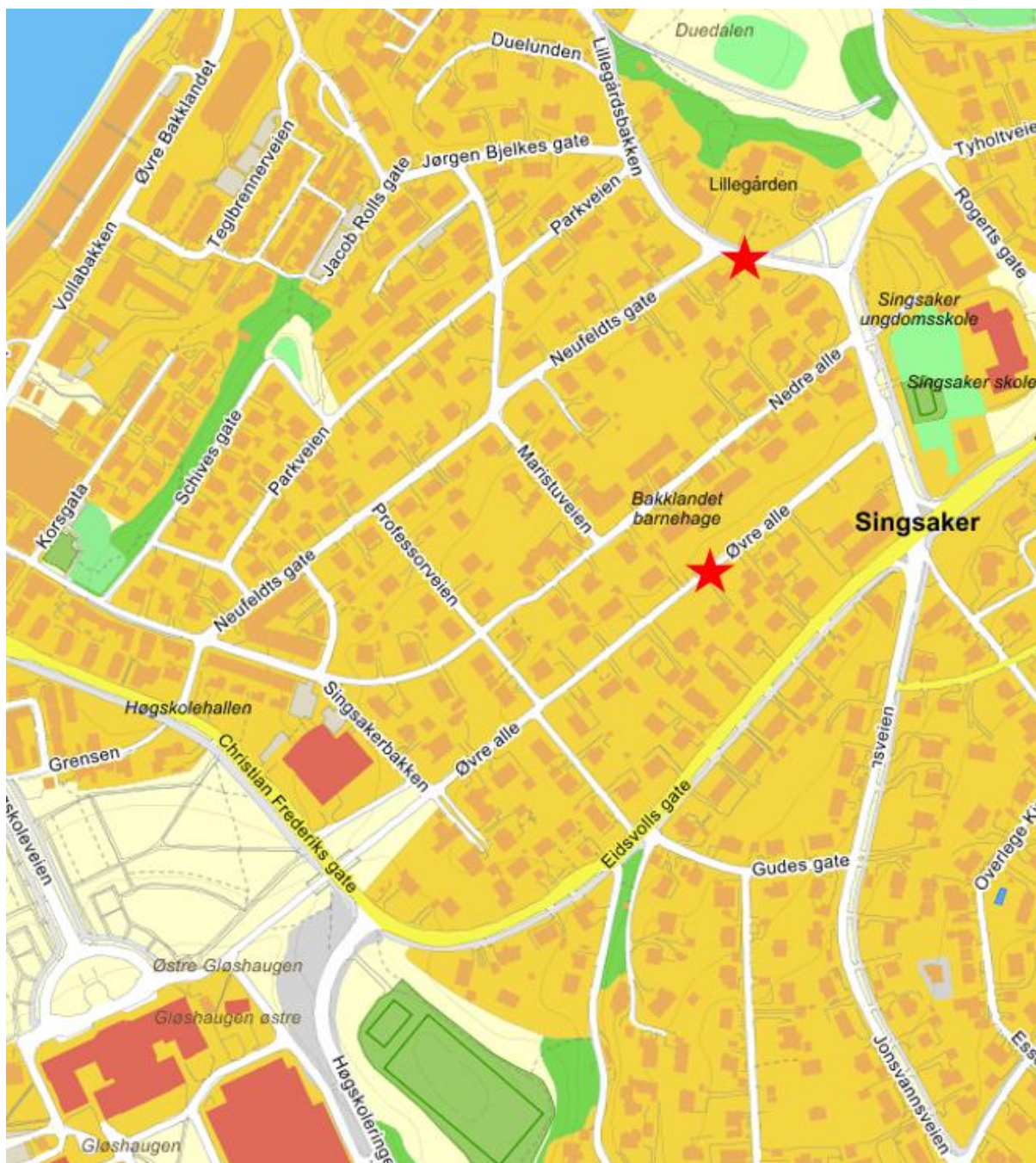
## 1.2 Registreringsområde

Det viste seg å verta utfordrande å velja gode stadar for fartsmålingar. Det var i utgangspunktet planlagt å gjera datainnsamlingar på dei tre vegane som er designa for syklistar: sykkelveg, gang- og sykkelveg, sykkelfelt. Utfordringa var å finna registreringspunkt med ein stabil vinterveg, det vil seia ein veg med snø på gjennom heile vinteren. Statens vegvesens «vegkart» var nytta til å finna vegstrekningar drifta

etter GsB, altså strategi vinterveg. Sykkelfelt med vintervegstrategi var ikkje funne, ettersom alle vegar i Trondheim som har tilhøyrande sykkelfelt er drifta etter strategi bar veg. Sykkelvegstrekninga drifta etter strategi vinterveg vart vald ved Strinda vidaregåande skule, medan gang- og sykkelveg vart vald langs Byåsveien. Problemet med desse lokasjonane var for få syklistar, og at det dermed tok for lang tid å samla inn tilstrekkeleg data til å gjera samanlikningar. Det vart seinare bekrefta frå Miljøpakkens heimesider at svært få strekningar med mange syklistar var drifta ved GsB-strategi i løpet av vinteren 2019 (Miljøpakken, 2019).

Vidare var det tenkt å samla inn data på strekningar drifta ved GsA, altså strategi bar veg. Data frå desse strekningane skulle samanliknast med data frå GsB-strekningar, for å sjå kva utslag salta vegoverflate hadde på farten til syklistane når det var minusgrader. Målingar var gjort på stadar der det var forventa mykje sykkeltrafikk: Kjøpmannsgata, Eidsvolls gate og utanfor Teknobyen. I Kjøpmannsgata (sykkelfelt) var det ikkje mogleg å registrera farten til syklistane med radar, grunna mykje biltrafikk som forstyrra radarsignala. I Eidsvolls gate (gang- og sykkelveg) var standarden på asfalten dårleg, noko som førte til at mange syklistar nytta bilvegen i staden for. Dei som sykla på gang- og sykkelstien såg ut til å bli forstyrra av den dårlege vegbana, og det var konkludert med at hastighetsdata som var samla inn her ikkje kunne samanliknast med data frå andre plassar. Utanfor Teknobyen (sykkelveg) fungerte registreringa fint, men det vart tidleg konkludert å ikkje fullføra innsamlinga av data frå denne lokasjonen. Dei fleste syklistane som vart registrerte ved Teknobyen var seriøse syklistar som sannsynlegvis sykla heile året, med bra utstyr og høg fart. Det ville dermed bli feil å samanlikna desse syklistane med syklistar frå andre lokasjonar, som kanskje hadde ei anna samansetting av syklistkategoriar.

Den beste måten å finna hastighetsdata som seinare kunne samanliknast, var dermed å måla hastighet på same lokasjonen om vinteren (på snø) som på våren (på bar veg). Det vart funne to aktuelle lokasjonar: Øvre Allé og Lillegårdsbakken. Begge posisjonane ligg i området Singsaker i Trondheim, markert med raud stjerne på kartet i Figur 1. Registreringspunktet i Øvre Allé er lokalisert på flat mark, medan registreringspunktet i Lillegårdsbakken er lokalisert i ein nedoverbakke.



Figur 1: Kart med registreringspunkt

### 1.2.1 Øvre Allé

Øvre Allé er ein veg drifta som vinterveg, med fortau på eine sida av vegen. Syklistane oppheld seg i køyrebana til bilane, altså er det kategorisert som blanda trafikk. Det er fartshumpar på strekingen, men dei er vurdert til ikkje å ha noko innverknad på hastigheita til syklistane. Eit par syklistar var målt hastigheit på medan dei sykla over fartshumpen, og det var ingen synleg reduksjon i farten. Vegen ledar inn mot universitetet, NTNU Gløshaugen, noko som betyr at ein stor del av syklistane er studentar. Dette er ikkje vidare kommentert i artikkelen, ettersom den totale fordelinga inkluderte fleire vaksne. Syklistar på denne strekinga hadde mindre utstyr enn i Lillegårdsbakken, noko som kjem av at det er mange

studentar på vegen. Det gjer likevel eit godt bilete på aldersgruppa under 30 år, og korleis denne aldersgruppa er forskjellig frå dei over 30 år. Den store mengda studentar hadde heller ingen spesiell verknad på hastigheita, anna enn at det vart samla inn meir data i kategorien alder mindre enn 30 år. Bilete 1 viser Øvre Allé om sommar og vinter.



*Bilete 1: Øvre Allé ved vinter (venstre) og sommar (høgre)*

### 1.2.2 Lillegårdsbakken

Lillegårdsbakken er òg drifta som vinterveg, men med ein meir intensiv brøyting. Det er sannsynlegvis nytta kost i tillegg, ettersom det stort sett var brøyta heilt ned til asfalten. Berre ved éin anledning var det ein såle av snø i Lillegårdsbakken. Dei andre gongane om vinteren var asfalten synleg, men med litt laus puddersnø liggande i vegen. Eit par konflikhtar førte til at ikkje alle syklistane kunne registrerast. Ein fotgjengarovergang rett framfor registreringspunktet førte til at nokre av syklistane måtte stoppa opp, og dermed mista all farten sin. Desse vart ikkje tekne med. Syklistane som svinga inn til Neufeldts gate vart heller ikkje tekne med, ettersom dei måtte bremsa ein del før dei tok den krappe svingen. Vidare var det vurdert at syklistane som kom frå både Jonsvannsveien og Tyholtveien hadde same moglegheit for å oppnå ønska hastigheit innan dei nådde registreringspunktet. Desse syklistane vart derfor ikkje skilde mellom. Bilete 2 viser Lillegårdsbakken nedover, medan Bilete 3 viser Lillegårdsbakken oppover.



*Bilete 2: Lillegårdsbakken nedover*



*Bilete 3: Lillegårdsbakken oppover*

### 1.3 Kategorisering

Studiet handla i hovudsak om å samla inn hastighetsdata på ulike vinterføre, og samanlikna gjennomsnittshastigheita frå dei ulike føreforholda. Det fyrste som vart notert ved kvar datainnsamling var derfor føreforhold på den aktuelle staden. Det vart òg notert vêr og temperatur, for å ha moglegheit til å skilja mellom ulike vêrtypar seinare, i tilfelle det kunne ha store utslag på hastigheita. Undervegs i innsamlingsperioden vart det bestemt at alle innsamlingar skal skje under opplette forhold, utan nedbør eller mykje vind. Dette var for å sikra at vêr og vind ikkje skulle ha noko innverknad på hastigheita, og føreforholda ville spela ei større rolle for kva fart syklistane valde å sykla ved. Informasjonen om vêret vart derfor ikkje vidare brukt i analysen. Faktorar som var meir avgjerande i analysen var sosiodemografisk karakteristikk som kjønn og aldersgrupper. Type sykkel og anna ekstra utstyr vart òg notert.

#### 1.3.1 Føreforhold

Som tidlegare beskrive i artikkel og kapittel om val av registreringspunkt, var ein utfordring med datainnsamlinga å finna lokasjonar med gode vinterforhold. Salting av vegen fører til at vegbana er våt og utan frost, så det kan ikkje karakteriserast som eit vinterføre. Begge lokasjonane som vart vald var drifta som vintervegar, altså med strategien GsB. Likevel var det variasjonar på kor mykje snø som låg i vegen, og kva type snø ein kunne måla på. Til dømes var det berre ein dag kor det var vegforhold kategorisert som «slush», og målingar gjekk då føre seg i Øvre Allé. Det vart derfor ikkje gjennomført fartsmålingar på slush i nedoverbakke (Lillegårdsbakken).

Ei anna utfordring med kategorisering av føreforhold er å kunna gjengjeva føra i eit anna forsøk. Til dømes var mengda slush i vegbana om lag fem til ti centimeter då fartsmålingane var gjort. Mindre slush vil sannsynlegvis føra til høgare hastigheit, medan meir slush fører til lågare hastigheit. Dette er som effekt av rullemotstand, og betyr at små variasjonar kan få store utslag på hastigheit. Vegbana som vart kategorisert som «kompaktert snø med laus snø på», var forsøkt delt inn i to kategoriar. Den eine kategorien hadde meir laus snø enn den andre, og hastigheita var dermed antatt å vera lågare. Ved nærare analyser i etterkant, viste det seg at det ikkje var signifikant statistisk forskjell mellom dei to føreforholda, og dei vart derfor slått saman til ein kategori.

#### 1.3.2 Kjønn og alder

Medan syklisten vart målt farten på, var også anna informasjon om syklisten notert. Ein viktig kategorisering for seinare analysar i oppgåva var sosiodemografisk karakteristikk som kjønn og alder. Sidan det ville bli for tidkrevjande å stoppa kvar syklist for å spørja om kjønn og alder, vart all informasjon innhenta basert på personleg meining og avgjersle. Dette betyr at moglegheita er stor for at ein og anna syklist har blitt kategorisert feil, både på kjønn og aldersgruppe.

Syklistane som vart observert i april har sannsynlegvis ein høg treffprosent på kva kjønn dei er og kva kjønn som er notert. Det er derimot større sannsyn for feil om vinteren. Fleire syklistar nyttar klesplagg som dekker store delar av andletet når temperaturane kryp lenger under null grader. Med hovudplagg som hjelm og lue i tillegg kan det dermed bli utfordrande å sjå om det er mann eller kvinne som nyttar sykkelen. Ofte kan fargar på kledda til syklisten og type sykkel eller form på sykkelen vera ein indikasjon på kjønn til syklisten. Dette har hjelpt til at det er anslått ein relativt høg treffprosent på kjønn også om vinteren, men med atterhald om feil i kategorisering på kjønn.

Dei same årsakene fører også til utfordringar på kategorisering etter aldersgrupper. Her er det i tillegg ein større risiko for feil også når heile syklisten er synleg. Folk er forskjellige og det kan vera vanskeleg å anslå riktig alder på ein person. Det var i utgangspunktet delt inn i fem forskjellige aldersgrupper:

- Under 15 år
- 15 – 30 år
- 30 – 45 år
- 45 – 60 år
- Over 60 år

Etterkvart som data vart samla inn, var det tydeleg at to aldersgrupper skilde seg ut med svært få syklistar. Dette var gruppene under 15 år og over 60 år. Det vart derfor bestemt at talet på grupper skulle justerast til tre stykk. Kategorien for aldersgruppa i midten vart justert til opp til 50 år, fordi det sannsynlegvis var enklare å sjå forskjell på nokon over 50 år enn nokon over 45 år. Dei nye aldersgruppene vart dermed:

- Under 30 år
- 30 – 50 år
- Over 50 år

Med større aldersgrupper er det mindre sjanse for å plassera syklistar i feil gruppe. Det er likevel ein risiko for at feilvurderingar kan skje, og ein del av syklistane er plassert i feil aldersgrupper. Etersom dei fleste syklistane er plasserte i riktige grupper, har det ikkje så mykje å seia for det endelege resultatet i analysen.

### 1.3.3 Ekstra utstyr

Ved innsamling av hastighetsdata på flat mark, er el-sykkel det viktigaste utstyret å notera. Studiar viser stor forskjell på syklistar som nyttar el-sykkel og syklistar som nyttar vanleg sykkel når det er motbakke eller flat mark (Flügel *et al.*, 2017). Etter kjønn og alder var det derfor viktig å notera om syklisten hadde elektrisk drivkraft på sykkelen. Dette var ikkje like viktig når registreringane gjekk føre seg i Lillegårdsbakken, i nedoverbakke. Her viser studiane at el-sykkel ikkje har like stor effekt. I hastighetsanalysane vart derfor bruk av el-sykkel ikkje tatt med i nedoverbakke. Det var i tillegg

vanskeleg å få med seg kva sykklar som var elektriske, ettersom det ikkje lenger var tydeleg basert på hastigheita. I Lillegårdsbakken er det derfor sannsynleg at ein del av el-syklane ikkje vart registrert. Mengda el-syklar som er beskrive i artikkelen kan derfor ikkje nyttast som ei teljing på kor mange el-syklar det er i Trondheim, men berre som ei samanlikning på kor mange prosent el-syklar det er om vinteren og om våren.

Anna utstyr som var notert var piggdekk, hjelmbruk, lys på sykkelen, refleksvest og spesielle klede. Datasamlinga på piggdekk og lys vart noko amputert. Ettersom det er vanskeleg å sjå om sykkelen har piggdekk, vart data samla inn ved å høyra etter «klikking» i asfalten mellom piggar og asfalt. Dette var ikkje mogleg å høyra når det var snø, så bruk av piggdekk kunne ikkje noterast på vinteren. Lys på sykkelen var enkelt å sjå når det var mørkt om vinteren, men vanskeleg å sjå når det var lyst om våren og sykkellykta ikkje var i bruk. Det gjeld derfor det same på lys om våren som piggdekk om vinteren, det er ikkje notert bruk av lys på sykkelen om våren. Innsamling av data om bruk av hjelm og refleksvest gjekk fint føre seg. Spesielle klede er definert som andre klede enn ei lett jakke og dei kleda personen vil nytta på jobb/skule. Dette fører til at denne kategorien er litt flytande, men typisk er syklistar med sykkelklede eller ei spesiell ytterbukse og tjukk jakke notert.

#### 1.4 Døme

Neste side viser eit døme på korleis datainnsamlinga gjekk føre seg. Hastigheit var det første som vart notert, deretter kjønn og aldersgruppe. Dersom syklisten hadde el-syssel, vart det kryssa av for det. I pilotstudiet viste det seg at mange av syklistane hadde ekstra utstyr. Det vart derfor kryssa av på utstyr syklisten *ikkje* hadde i registreringsskjemaet.



Lokasjon

*Øvre Alle*

Dato  Time  Vær  Temperatur  Føre

Nr	Fart	Kjønn		Alder					Anna sykkel		Manglende utstyr				
		Mann	Kvinne	< 15	15 - 30	30 - 45	45 - 60	> 60	Racer	Ei	Piggdekk	Lykt	Hjelm	Refleksvest	Treningsklede
1	18	X			X				X			X			X
2	17	X					X							X	
3	24	X				X								X	
4	19	X			X							X		X	X
5	18	X				X							X	X	
6	14	X			X							X		X	X
7	24	X				X			X					X	
8	18	X					X			X				X	
9	13	X		X								X		X	X
10	11	X			X						X			X	
11	11		X			X									
12	26		X			X			X						
13	19	X			X				X					X	X
14	15	X			X						X			X	
15	24	X				X							X	X	
16	23		X			X						X		X	X
17	13	X			X						X			X	X
18	21	X			X									X	X
19	21	X				X								X	
20	20		X		X										X

## 2 Vidare arbeid

Oppgåva har tatt føre seg eit tema som ikkje er undersøkt noko særleg tidelegare. Dette har ført til at resultatane ikkje har hatt stort grunnlag for samanlikningar. I tillegg til vidare innsamling og analyse av hastighetsdata, kan studiet vinklast i forskjellige retningar som vidare forskingsprosjekt.

### 2.1 Samfunnsøkonomisk analyse av drift og vedlikehald

Veisten, Fearnley og Elvik (2019) har i sin rapport «*Samfunnsøkonomisk analyse av drifts- og vedlikeholdstiltak for syklende og gående*» sett på blant anna den økonomiske betydninga av drift av sykkelareal. Eit tema som er diskutert er tidsgevinstar på ulike typar strategi for vinterdrift. Ei anbefalt verdisetjing av tidssparing er satt til 2,46 kr per minutt per syklist, og økonomisk effekt av ulike tiltak på reisetid med sykkel kan kalkulerast ved hjelp av den verdien. Sykkelhastigheita er sett til 15 km/t ved både GsA-standard og GsB-standard. Årsaka til dette er at det ikkje er grunnlag til å forutsetja at tiltaka gjer gevinst, og eventuelt kor mykje hastigheita kan justerast ved til dømes GsA-standard i staden for GsB-standard. Studiet som er gjennomført i denne oppgåva kan til ei viss grad svara på dette problemet, og med vidare forskning kan modellen for utrekning av samfunnsøkonomisk nytte bli utvikla endå meir.

For å få utvikla ein god samfunnsøkonomisk analysemodell trengs det mykje fartsdata på mange ulike føreforhold. Med fleire hastighetsregistreringar vil modellen bli meir nøyaktig. Hastighetsforskjellen mellom føre på snø (GsB-standard) og bar veg (GsA-standard) er ulik og kjem an på kva type føre det er på snø. Som vist i studiet utført i denne oppgåva, kan GsB-standard bety kompaktert snø, kompaktert snø med laus snø, slaps eller puddersnø på bar veg. Desse føra gjer ulik reduksjon i hastigheit i forhold til bar veg, og det trengs mange registreringar for å få ein nøyaktig modell. Det er òg andre typar vinterføre som trengs å bli målt hastigheit på.

I tillegg til ulike føreforhold, trengs det hastighetsmålingar på ulike hellingar for å sjå korleis effekten endrar seg i bakkar. Det er i studiet som er gjennomført gjort hastighetsregistreringar i ein nedoverbakke med helling på om lag 7%. Målingar i fleire ulike hellingar er nødvendig for å utvikla ein modell som kan berekna tidssparing over ein lenger strekning.

For å berekna tidssparing over strekningar, kan det også vera aktuelt å gjennomføra målingar av reisehastigheit. Syklistens hastigheit må då målast ved hjelp av til dømes ein GPS, og fleire syklistar må målast på same strekningen, ved ulike føreforhold.

### 2.2 Relasjon mellom sykkelhastigheit og rullemotstand

Under diskusjonsdelen i oppgåva er det drøfta kva som er årsaka til at dei ulike hastighetsreduksjonane på forskjellige vinterføre. Rullemotstand er nemnd som ein mogleg faktor. Årsaka til dette er at

vegunderlaga som er antatt å ha høg rullemotstand er dei vegunderlaga som i størst grad reduserer hastigheita. Det ville derfor vore interessant å gjennomføra eit studie kor både sykkelhastigheit og rullemotstand er målt på ulike fører, for å sjå om det er ein direkte relasjon mellom desse parameterane.

### 2.3 Faktorar som påverkar sykkelhastigheit

Ved lineær regresjon i oppgåva er det funne ein verdi for R-kvadrat på 0,39 og 0,52 ved høvesvis flat mark og nedoverbakke. Dette tyder på at mange faktorar manglar for å kunne nøyaktig beskrive kva som påverkar sykkelhastigheita. Eit vidare studie kunne vore å studera endå fleire faktorar ved hastigheita til syklistane, for å få ein meir nøyaktig regresjonsmodell (verdi for R-kvadrat nærare 1). Dette inkluderer gjerne å stoppa syklisten etter hastigheita er målt på han, for å få notert nøyaktig alder, fysisk form, formål med turen og så vidare. I tillegg bør nøyaktige vêrdata registrerast. Med fleire koeffisientar i regresjonsmodellen vil den kalkulerte, forventaste hastigheita bli meir nøyaktig. R-kvadrat vil då få ein høgare verdi (nærare 1) og regresjonsmodellen vil bli meir forklarande.

## Referansar

Flügel, S. *et al.* (2017) *Fartsmodell for sykkel og elsykkel*. (TØI-rapport 1557/2017). Oslo: Transportøkonomisk institutt. Tilgjengeleg frå: <https://www.toi.no/getfile.php?mmfileid=45144> (Henta: 05.12.18).

Miljøpakken (2019) *Bedre å sykle - 115 km gode vinterveger*. Tilgjengeleg frå: <https://miljopakken.no/nyheter/bedre-a-sykle-115-km-gode-vinterveger> (Henta: 27.05.19).

Veisten, K., Fearnley, N. og Elvik, R. (2019) *Samfunnsøkonomisk analyse av drifts- og vedlikeholdstiltak for syklende og gående*. (TØI-rapport 1690/2019). Oslo: Transportøkonomisk institutt. Tilgjengeleg frå: <https://www.toi.no/getfile.php?mmfileid=50361> (Henta: 23.05.19).

## Vedlegg 2

### Litteraturgjennomgang

Det var i forkant av produksjon av denne vitenskapelige artikkelen gjennomført ei litteraturundersøking, som del av ei prosjektoppgåve. Litteraturgjennomgangen var gjort for å få oversikt over forskning og teori knytt til syklistar, risiko og tryggleik for syklistar, vintersykling, vinterdrift og sykkelhastigheitar.

Søkinga etter teori starta med søk i Google Scholar og på trid.trb.org, Transportation Research Boards eigen database. Typiske søkeord var då: *bicycle winter*, *bicycle risk*, *bicycle perceived safety* og *cycling speed*. Det vart fort klart at mykje av forskinga som var gjort på dette området var gjort i Noreg og Sverige. Store delar av litteraturen som er brukt er derfor på norsk og svensk. Gode kjelder for å finna litteratur angående syklistar og vintersykling er heimesidene til Transportøkonomisk institutt (TØI) og Statens väg- och transportforskningsinstitut (VTI). Ettersom oppgåva er knytt til Statens vegvesens pågåande forskingsprogram BEVEGELSE, er det allereie god litteratur på dette området på fagsidene til Statens vegvesen.

Etter å ha blitt kjend med litteraturen og fått innsikt i relevant informasjon, var ein effektiv måte å navigera seg vidare via referanselistene på artikkane og rapportane. Ved å følgja kjeldene til dei funne artikkane var det mogleg å koma djupare i litteraturen om syklistar og vinterdrift.

# Innhald

1	Ulike typar syklistar .....	1
1.1	Level of Traffic Stress .....	3
1.2	Hastigheit.....	5
2	Ulike typar sykkelanlegg.....	6
2.1	Hastigheit.....	7
2.2	Risiko.....	8
2.3	Tryggleik .....	10
2.4	Drift og vedlikehald.....	11
3	Sykkelulykker.....	12
3.1	Underrapportering .....	12
3.2	Safety in numbers .....	15
4	Vintersykling .....	16
4.1	Vintersyklisten.....	17
4.2	Utstyr.....	18
4.3	Hastigheit.....	18
4.4	Risiko.....	19
4.5	Tryggleik .....	22
5	Vinterdrift.....	23
5.1	Problem .....	23
5.2	Strategiar for vinterdrift.....	24
5.3	Salt.....	25
	Referansar.....	27

## Figurliste

Figur 1.1: Fordeling syklistkategoriar (Dill og McNeil, 2013) .....	3
Figur 1.2: Fordeling ulykker ved ulike stressnivå (Wang, Vogt og Palm, 2015).....	4
Figur 2.1: Samanheng mellom hastigheit og stigning (Flügel et al., 2017).....	8
Figur 3.1: Tre grupper for rapportering av sykkelulykker (Elvik, 2017) .....	13
Figur 3.2: Rapporteringsgrad for syklistskadar i Oslo i 2014 (Elvik, 2017) .....	14
Figur 3.3: Ulykkesfrekvens i Oslo i 2014. Skadetal er henta frå SSB og OUS (Bjørnskau og Ingebrigtsen, 2015).....	15
Figur 4.1: «Kor ofte sykklar du ved ulike årstider?» (Kummeneje, 2017).....	16
Figur 4.2: «Kvifor sykklar du ikkje på vinteren?» (Erichsen, 2018).....	17
Figur 4.3: Friksjon for sykkeldekk utan piggar i figuren til venstre. Figuren til høgre illustrerer friksjon med piggdekk på sykkel. Tre forskjellige testar. (Hjort og Niska, 2015).....	18
Figur 4.4: Ulykkestype ved alvorlege ulykker (Niska og Eriksson, 2013) .....	19
Figur 4.5: Hovudårsak i singelulykker (Niska og Eriksson, 2013) .....	19
Figur 4.6: Ulykkesårsak ved drift- og vedlikehaldsulykker (Niska og Eriksson, 2013) .....	20
Figur 4.7: Skliulykker på snø/is samanlikna med alvorlege ulykker (Niska og Eriksson, 2013; Isaksson og Karlsson, 2010) .....	20
Figur 4.8: Skada syklistar i forhold til sykkeltrafikk (COWI, 2017).....	22
Figur 5.1: Potensielle konfliktar ved uoptimal snølagring (illustrasjon frå Riersen (2014, som sitert i Høye, Sørensen og Jong, 2015)) .....	24
Figur 5.2: Syklistars forhold til salting (Bergström, 2003) .....	26

## Tabelliste

Tabell 1.1: Gellers kategorisering av syklistar (Geller, 2009) .....	2
Tabell 1.2: Level of Traffic Stress (Mekuria, Furth og Nixon, 2012) .....	4
Tabell 2.1: Variasjon i hastigheit [km/t] ved ulike sykkelanlegg (Flügel et al., 2017) .....	7
Tabell 2.2: Verknadar av ulike typar sykkelanlegg samanlikna med blanda trafikk (Høye, Sørensen og De Jong, 2015) .....	9
Tabell 4.1: Definisjonar på vegoverflate (Öberg et al., 1996) .....	21
Tabell 5.1: Vinterdriftsklasser med bruk og metodar (Statens vegvesen, 2014b) .....	25



# 1 Ulike typar syklistar

Syklistar er både born på veg til skulen, vaksne på veg til arbeid eller på treningstur og pensjonistar på kveldstur. Alle ynskjer ein sykkelstur med liten risiko, høg tryggleik og god framkomelegheit, men kva som betyr mest varierer frå syklist til syklist. Dersom ein gang- og sykkelveg er det tryggaste valet for skuleborn, kan gjerne køyrebanen vera eit både raskare og sikrere alternativ for mosjonisten. Eit stadig aukande tal elsyklar skapar og ei ny sykkelgruppe med høge hastighetar. Det er derfor behov for forskjellige typar sykkelanlegg, til forskjellige typar syklistar. Syklistane kan bli kategorisert på fleire forskjellige måtar, og nokre av måtane vil bli forklart her.

Eit norsk studie frå 2016 deler syklistane inn i to hovudgrupper (Hesjevoll og Ingebrigtsen, 2016). Den eine gruppa er komfortable med å sykla i blanda trafikk og er mest opptatt av å koma seg fort fram til målet, utan å ta omvegar for å bruka dedikerte sykkelanlegg. For denne gruppa er det mindre viktig at sykkelinfrastrukturen er separert frå motoriserte køyretøy. Erfarne syklistar vel rute basert på reisetid, og tek lite omsyn til tryggleiksfølelse (Daziano og Motoaki, 2014). Den andre gruppa er gjerne mindre erfarne syklistar og meir bekymra for å sykla i blanda trafikk. Uerfarne syklistar er meir opptatt av tryggleik, og vurderer sykling saman med motoriserte køyretøy som negativt (Daziano og Motoaki, 2014). For denne gruppa vil separering av syklistar og bilistar gjera sykling meir attraktivt (Hunt og Abraham, 2007).

Eit problem med å dela inn syklistar i gruppene «erfaren» og «uerfaren» er nøyaktigheita på kategoriseringa. Hesjevoll og Ingebrigtsen (2016) viser i sitt studie at også erfarne syklistar kan vera bekymra for å sykla i blanda trafikk, og at dei er villige til å ta omvegar for å få ein større tryggleiksfølelse. Eit anna forslag til inndeling er å dela syklistane inn i tre grupper (Wilkinson *et al.*, 1994):

- Gruppe A – Vidarekomne syklistar
- Gruppe B – Gjennomsnittlege syklistar
- Gruppe C – Born

Gruppe A vil her tilsvare «erfarne syklistar», kor dei vel den raskaste ruta via det tilgjengelege rutenettet, uavhengig av trafikkforhold. Gruppe B er gruppa som dei fleste syklistar skal kjenne seg igjen i. Det er stor variasjon i ferdigheitsnivået her, og alle syklistane vil vera i denne gruppa medan dei utviklar seg som syklistar. Nokre vil gå vidare til gruppe A, men dei fleste vil alltid vera i gruppe B. Felles for syklistane i denne gruppa er at dei vel ei komfortabel rute til destinasjonen, men samtidig prøvar å oppnå ei lav reisetid. Dei føretrekker definerte sykkelfelt eller sykkelveggar, men kan sykla i blanda trafikk ved mindre trafikkvolum. Det er også dette som skil dei frå gruppe C. Born har mindre trafikkforståing enn

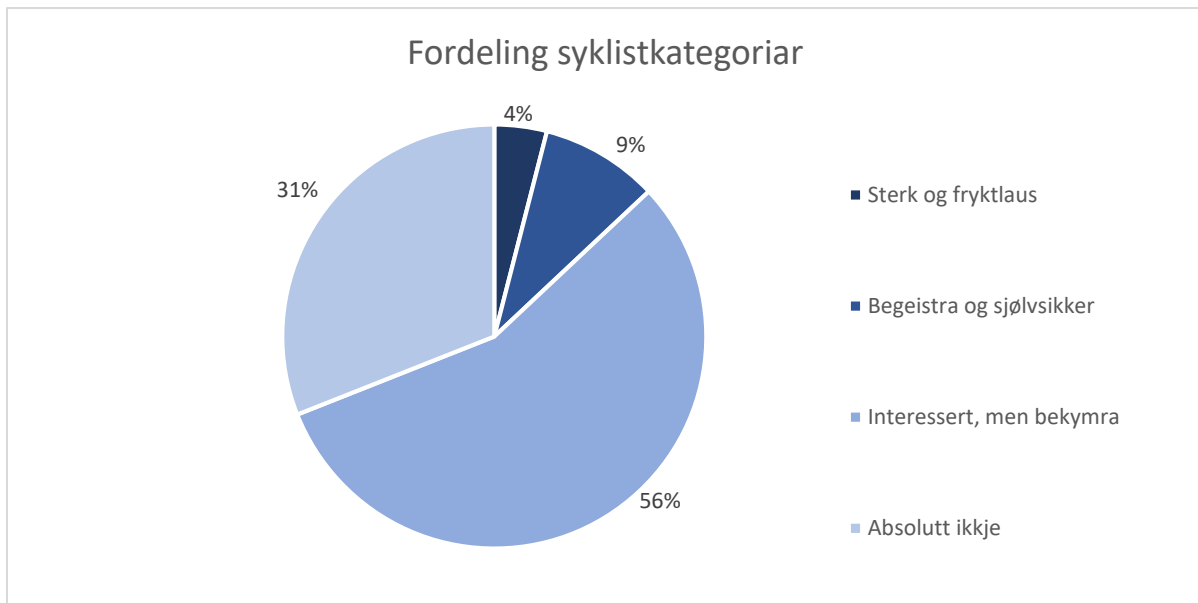
vaksne, og vel saman med foreldra den tryggaste vegen. Gruppe C er den mest forsiktige gruppa, og vel gjerne lange omvegar for å unngå å sykla i blanda trafikk.

Ei anna type kategorisering som er mykje nemnd i sykkellitteraturen er «Fire typar»-kategoriseringa som var laga i 2005, for å kartleggja behovet for betring i sykkelinfrastrukturen i Portland (Geller, 2009). Geller (2009) tok utgangspunkt i erfarne sykkelplanleggarar og gjorde eit estimat på korleis befolkninga i Portland var fordelt i forskjellige kategoriar. Han meinte at befolkninga kunne kategoriserast i fire forskjellige grupper, ut i frå kva grad av tilrettelegging som kunne få dei til å sykla, uavhengig av erfaring. Dei fire typane syklistar er vist i Tabell 1.1.

Tabell 1.1: Gellers kategorisering av syklistar (Geller, 2009)

Engelsk	Norsk
Strong and fearless	Sterk og fryktlaus
Enthusied and Confident	Begeistra og sjølvstikker
Interested but Concerned	Interessert, men bekymra
No Way No How	Absolutt ikkje

Å vera *sterk og fryktlaus* vil seia at syklistane er villige til å sykla nesten uansett forhold. At dei er syklistar er ein sterk del av identiteten deira, og dei vel som regel den raskaste ruta sjølv om det er mykje trafikk og lite tilrettelegging for syklistar. Mens Geller (2009) gjorde eit estimat på fordelinga i dei forskjellige kategoriane, utførte Dill og McNeil (2013) ei meir grundig undersøking på korleis befolkninga fordelar seg i Gellers kategoriar. Undersøkinga deira viser at gruppa *sterk og fryktlaus* er den klart minste, med berre 4% av befolkninga (Dill og McNeil, 2013). Gruppa som er *begeistra og sjølvstikker* er syklistar som utan problem kan sykla i blanda trafikk, men føretrekker sykkelanlegg. Det trengs ikkje mykje tilretteleggingar til for å få denne gruppa til å sykla. Også her viser Dill og McNeils (2013) undersøking at det er ein ganske liten del av befolkninga (9%) som kjenner seg igjen i denne beskrivinga. Den største kategorien er derimot *interessert, men bekymra*, med heile 56% av innbyggjarane i Portland (Dill og McNeil, 2013). Denne delen av befolkninga er ikkje særleg komfortable når dei sykklar utanfor tilrettelagde sykkelanlegg, og sykklar sjeldan for andre formål enn transport. Dei er derimot nysgjerrige på å sykla meir, men føler seg for utrygge på grunn av mange bilar og deira hastigheit. Det er dermed i denne gruppa eit stort potensial for å få fleire til å sykla. Den siste gruppa er *Absolutt ikkje* og er ikkje interessert i å sykla, uansett forhold. Dette kan skuldast at det er fysisk umogleg for dei, eller at dei rett og slett føler seg for ukomfortable på sykkel. Gruppa utgjer 31% av befolkninga (Dill og McNeil, 2013).



Figur 1.1: Fordeling syklistkategoriar (Dill og McNeil, 2013)

Det er viktig å merka seg at denne fordelinga er basert på ei spørjeundersøking gjort i USA før 2013. Rundt halvparten av resultatane er henta inn frå byen Portland i Oregon, mens resten kjem frå områder i distrikta rundt Portland. Sykling er generelt mindre attraktivt i USA enn i Europa, noko som kan ha ein verknad på resultatane (Buehler, 2011).

### 1.1 Level of Traffic Stress

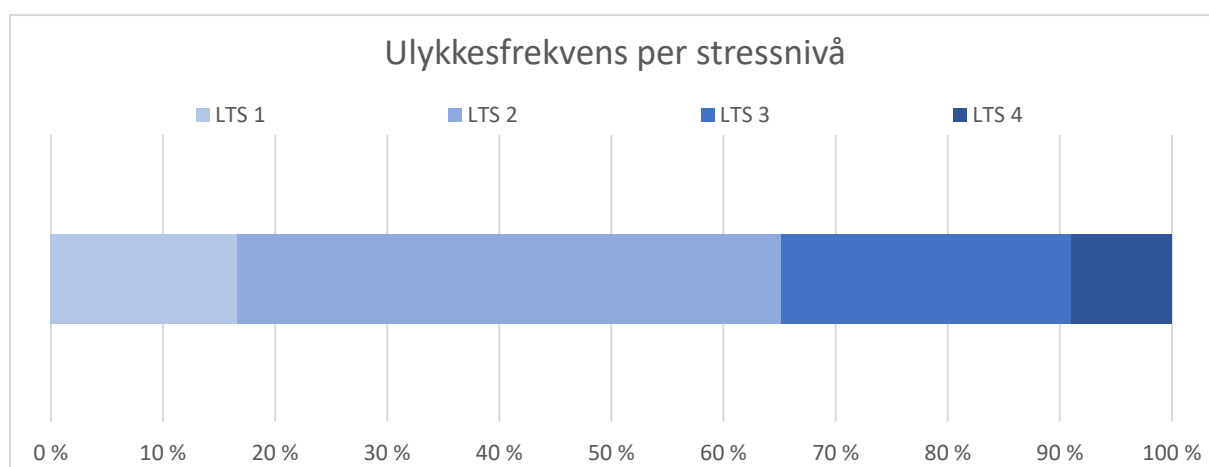
Kategoriseringa til Hesjevoll og Ingebrigtsen (2016) og Wilkinson *et al.* (1994) baserer seg på ferdigheitsnivået til syklistane. Det same gjer til ein viss grad Gellers (2009) kategorisering, men han såg også på kva som var bakgrunnen til dei forskjellige kategoriane, og delte inn syklistane i grupper etter kor trygge dei følte seg. Dette er utgangspunktet til Level of Traffic Stress (LTS), som vil seia kor stressa syklistane er i forskjellige situasjonar og sykkelanlegg (Mekuria, Furth og Nixon, 2012). Det er individuelle variasjonar i toleranse for stress i trafikken, og inndelingane vist i Tabell 1.2 kan brukast til å sjå korleis forskjellige typar syklistar er villige til å endra sykkelvanane sine ved endringar i sykkelanlegga. Dei ulike gruppene kan samanliknast med Gellers (2009) inndeling, blant anna med LTS 4 som gruppa kor dei *sterke og fryktlause* kjenner seg igjen. *Absolutt ikkje* kan ikkje samanliknast med noko stressnivå, då denne gruppa ikkje kan definera stress i trafikken når dei ikkje sykklar. For å få ei meir nøyaktig kategorisering av stressnivå kan *Interessert, men bekymra* delast opp i to grupper, kor LTS 1 svarar til born og LTS 2 vaksne.

Tabell 1.2: Level of Traffic Stress (Mekuria, Furth og Nixon, 2012)

<b>LTS 1</b>	Her er det svært lite stressande, og attraktivt for ein avslappande sykkelturn. Nesten alle typar syklistar kan operera under dette stressnivået, så lenge dei har grunnleggande sykkelkunnskap. Syklinga skjer gjerne separert frå anna trafikk, men kan også vera i blanda trafikk dersom det er lite trafikkvolum og låge hastigheter.
<b>LTS 2</b>	Denne kategorien har også lite stress, men krev gjerne meir merksemd enn kva ein kan krevja frå born. Syklistane treng ikkje vera separert frå biltrafikken, men det er føretrekt egne sykkelfelt kor syklistane har full prioritet og bilane held låg fart.
<b>LTS 3</b>	Her kan nokre situasjonar opplevast som meir stressande. Syklinga kan skje med mykje trafikk rundt så lenge det er sykkelfelt, eller til og med i kørefeltet dersom farten ikkje er for stor.
<b>LTS 4</b>	I denne kategorien kan ein oppleve svært stressande situasjonar, både med tanke på blanda trafikk og hastigheit på motoriserte køyretøy.

Basert på dei forskjellige kategoriane for stressnivå, kan ein vidare sjå på korleis syklistane blir påverka av stress i dei forskjellige typene sykkelanlegg. For den individuelle syklisten kan kvar strekning bli tildelt eit stressnivå basert på blant anna sykkelinfrastruktur og fartsgrense, og stressnivået er definert som det mest stressande punktet på ruta. Dersom ein kan sykla minst 75% av ruta utan auke i stressnivå, kan ruta bli definert som samanhengande for det spesifikke stressnivået for den individuelle syklisten (Hesjevoll og Ingebrigtsen, 2016). Wang, Vogt og Palm (2015) viser i sitt studie at syklistar som har god tilgang på sykkelruter med lite trafikkstress oftare vil sykla til arbeid eller skule.

Ein annan interessant observasjon i Wang, Vogt og Palms (2015) studie er forholdet mellom ulykker og stressnivå. Figur 1.2 viser at dei fleste ulykkene skjer i LTS 2, noko som vil seia at syklistane ikkje er særleg stressa når ulykka skjer. Kategorien med færrest ulykker er LTS 4, som er den med dei mest stressande situasjonane. Dette kan tyda på at ved stressande situasjonar er syklistane meir merksame, som er nødvendig for å unngå ulykker.



Figur 1.2: Fordeling ulykker ved ulike stressnivå (Wang, Vogt og Palm, 2015)

## 1.2 Hastigheit

Inndelinga av syklistar er gjennom sykkellitteraturen basert på ferdigheitsnivå og tryggleiksfølelse. Dette kan i stor grad relaterast til fart og kva hastigheitsval syklistane tek i trafikken, til dømes gjennom alder, kjønn, formål med turen og utforming av sykkelanlegget (Eriksson *et al.*, 2017). Dette forårsakar variasjonar i syklistanes hastigheit, noko som gjer det vanskeleg å definera ei gjennomsnittshastigheit som passar heile befolkninga. Det er gjort fleire studiar på kva gjennomsnittshastigheita til syklistar er, og resultatata varierer mellom 13 – 28 km/t (Lin *et al.*, 2008). Dei store variasjonane i gjennomsnittshastigheit skuldast ulike typar syklistar og kvar målingane er gjort. Ein annan viktig faktor er kva type sykkel som er brukt.

For å få ei betre forståing for hastigheitsvalet til syklistar kan det derfor vera nyttig å dela opp i enkle kategoriar. Både Lin *et al.* (2008) og Flügel *et al.* (2017) har gjort studiar på korleis farten endrar seg for menn og kvinner i ulike aldersgrupper på elsykkel. Som venta var hastigheita høgare for alle gruppene når dei nytta elsykkel, særleg var skilnaden stor for yngre menn. Generelt var middelhastigheita høgare for menn enn kvinner, og kjønnskilnaden var størst på dei yngre syklistane. Eldre syklistar hadde ein lågare middelhastigheit enn yngre syklistar, men skilnaden på menn og kvinner var liten for dei eldre (Lin *et al.*, 2008).

Ved registrering av ulike typar syklistar for fartsmålingar kan det vidare vera anbefalt å registrera om dei har treningsklede på seg, samt ei meir nøyaktig inndeling av type sykkel (Eriksson *et al.*, 2017):

- Terrengsykkel
- Hybridsykkel
- Landevegssykkel
- Bysykkel
- Elsykkel

Andre faktorar som er undersøkt i relasjon til sykkelhastigheit er tid på døgeret og kva vekedag det er, men det er funne små forskjellar (Eriksson *et al.*, 2017). Gjennomsnittshastigheita går noko ned på laurdag og sundag, men variasjonane er ubetydelege. I løpet av døgeret er det målt høgast middelhastigheit i morgonrushet og ettermiddagrushet.

## 2 Ulike typar sykkelanlegg

Statens vegvesens nullvisjon<sup>1</sup> skal leggest til grunn ved utforming av alle veg- og gatesystem, også sykkelanlegg. Det er derfor viktig å planleggja samanhengande sykkelruter med få systemskift og sikre kryssløysingar, som vil redusera ulykkesrisikoen. Sykkelhandboka definerer tre forskjellige systemløysingar for sykkeltrafikk (Statens vegvesen, 2014a):

- Blanda trafikk
- Sykkelfelt
- Vegar for gåande og syklande
  - Gang- og sykkelveg
  - Sykkelveg

Blanda trafikk vil seia at både sykklar og motoriserte køyretøy brukar same køyrefelt. Dette er aktuelt der det er låg hastigheit, lite trafikk og særleg lite tunge køyretøy. Syklistane får mykje merksamheit då dei er synlege i same køyrebane som bilane, og løysninga gjer god framkomelegheit. Dette er den mest brukte løysninga i dag.

Sykkelfelt skal brukast der vegbanen inngår i hovudnett for syklande, fartsgrensa er 50 km/t eller lågare og ÅDT > 4000. Når det er mykje sykkeltrafikk saman med biltrafikken ynskjer ein å synleggjera skilje mellom syklande og køyrande. Også her får syklistane mykje merksamheit, og saman med farga asfalt samt stipla linje mellom sykkelfelt og køyrefelt får ein redusert ulykkesrisiko ved sykkelfelt i forhold til blanda trafikk. Dette er ein populær løysning i Noreg, mykje på grunn av den høge prioriteringa syklistar får her i forhold til i andre sykkelanlegg.

Gang- og sykkelveg er mykje brukt i områder utan kvartalsstruktur, der det er få vegkryss og høg fart på motoriserte køyretøy. Dette er ein veg som ved offentlege trafikkskilt er bestemd for både gang- og sykkeltrafikk og som er fysisk skild frå bilvegen.

Sykkelveg blir brukt i same områder som gang- og sykkelveg. Grunna høgt volum av syklistar og/eller gåande kan det vera behov for separert løysning mellom desse to trafikantgruppene, og ein kan då bruka sykkelveg med fortau. Høgstandard sykkelvegar (sykkelekspressvegar) er sykkelvegar tilrettelagd for rask og direkte sykling mellom relevante hovudmål som bustadområde og arbeidsplassar.

---

<sup>1</sup> «En visjon om et transportsystem som ikke fører til tap av liv eller varig skade» (Statens vegvesen, 2010)

Eit anna alternativ som er mykje brukt i Noreg er fortau. Noreg er saman med Island dei einaste landa som tillèt sykling på fortau for alle syklistar (Sørensen, 2018). Regelen vart innført for at born og andre utrygge syklistar skulle ha ei trygg ferd på sykkelen, men det har dei siste åra vore diskutert å fjerna denne regelen. Bakgrunnen til dette er konflikhtar mellom gåande og syklistar med høge hastigheiter.

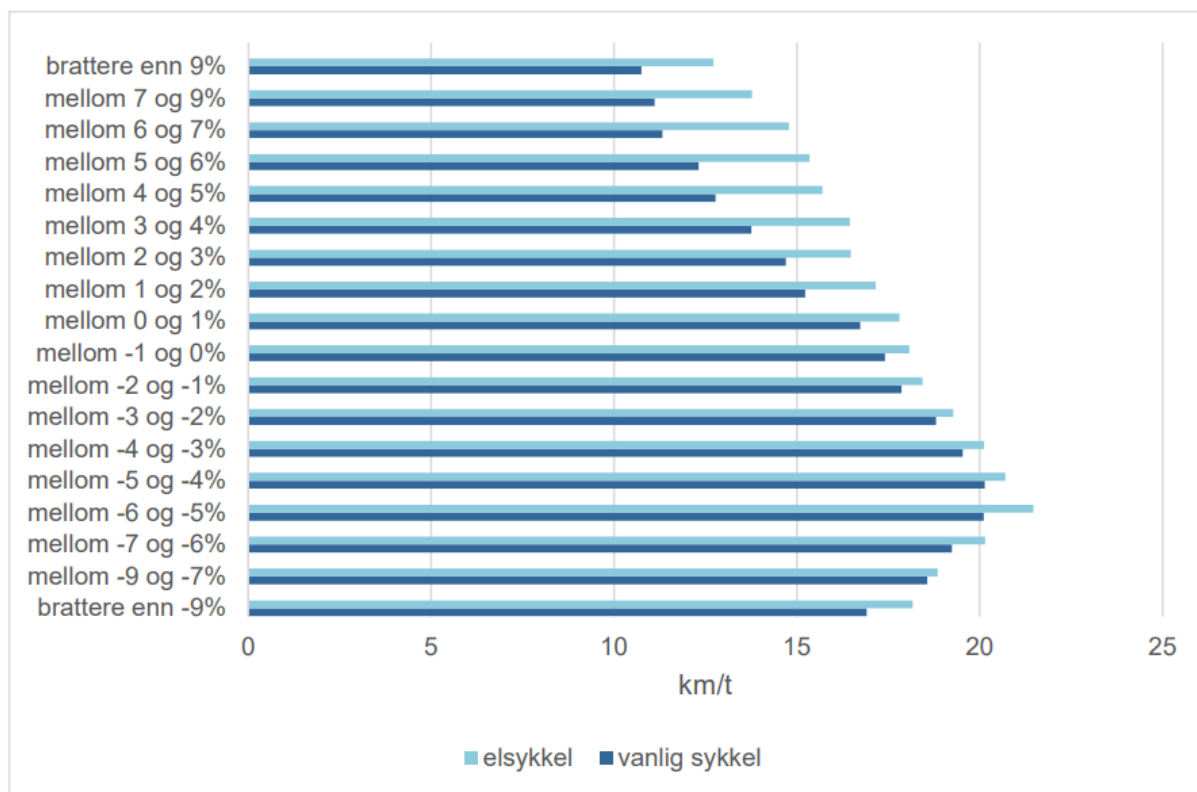
## 2.1 Hastigheit

Som tidlegare nemnd er det store variasjonar i gjennomsnittshastigheit ved ulike målingar. Ein viktig faktor for hastigheitsvalet er sykkelanlegg. Det kan ein sjå utifrå Tabell 2.1, kor ein kan sjå at syklistane har høgast hastigheit der det er separat sykkelveg (Flügel *et al.*, 2017). Hastigheitene i denne undersøkinga er funnen ved hjelp av GPS målingar på fleire syklistar i Oslo. På grunn av presisjonsnivået til GPS-dataene, var det ikkje mogleg å skilja mellom blanda trafikk og fortau, noko som kan forklara den låge hastigheita som er registrert på «Blanda trafikk» i Tabell 2.1. Det er naturleg å tru at hastigheita til syklistar er lågare på fortau enn elles i trafikken.

Tabell 2.1: Variasjon i hastigheit [km/t] ved ulike sykkelanlegg (Flügel *et al.*, 2017)

	Blanda trafikk	Sykkelfelt	Gang- og sykkelveg	Sykelveg
<b>Vanleg sykkel</b>	16,3	18,7	16,7	19,0
<b>Elsykkel</b>	17,6	19,8	18,4	20,6

Den viktigast faktoren for korleis hastigheita endrar seg er stigning. Dei lågaste hastigheitene er når det er brattare enn 9%, medan dei høgaste hastigheitene finn ein på strekningar kor det er fall på rundt 5-6% (Flügel *et al.*, 2017). Dette er truleg fordi syklistane sluttar å trø av sikkerheitsomsyn når det vert brattare. Ein kan sjå heile fordelinga i Figur 2.1, kor det er illustrert både vanlege sykklar og elsyklar. Skilnaden mellom elsykkel og vanleg sykkel er ikkje så stor i utforbakkar, men elsykkelen er mindre påverka av motbakkar.



Figur 2.1: Samanheng mellom hastighet og stigning (Flügel et al., 2017)

## 2.2 Risiko

For at nullvisjonen skal vera mogleg å oppnå, er det viktig med stort fokus på sikkerheita ved sykkelanlegg. Ei norsk undersøking har utført ein metaanalyse<sup>2</sup> av estimat på endringar i ulykkestal hjå sykkistar i forskjellige sykkelanlegg (Høye, Sørensen og De Jong, 2015). Resultata frå alle dei forskjellige studiane er samanlikna og lagt saman til eit felles resultat, her vist i Tabell 2.2. Det er viktig å merka seg her forskjellen på eldre og nyare studiar, definert som før og etter 1998 i rapporten til Høye, Sørensen og Jong (2015). Nyare metodar for måling kan gje eit meir nøyaktig resultat, samtidig som både sykklistane og sykkelfelta har endra seg sidan før 1998. Resultata frå sykkelfelt er basert på nyare studiar, medan resultata frå sykkelveg og gang- og sykkelveg er basert på eldre studiar.

<sup>2</sup> «Metaanalyse er bruk av statistiske metoder for å legge sammen resultatene fra en rekke uavhengige studier av samme problemstilling» (Store norske leksikon, 2017)



Tabell 2.2: Verknadar av ulike typar sykkelanlegg samanlikna med blanda trafikk (Høye, Sørensen og De Jong, 2015)

		Prosent endring i antall personskadeulykker	
		Anslag	Usikkerheit
Sykkelfelt	Strekning	-60	(-91; +78)
	Kryss	-5	(-27; +25)
	Alle	-45	(-51; -39)
Sykkelveg	Strekning	-11	(-18; -4)
	Kryss	+25	(+11; +40)
	Alle	+5	(-5; +17)
Gang- og sykkelveg	Strekning	-55	(-85; +35)
	Kryss	+2	(-83; +513)
	Alle	-15	(-34; +8)

Resultata i Tabell 2.2 er samanlikna med sykling i blanda trafikk. I mange tilfelle er det både med omsyn til areal og vegutforming ikkje moglegheiter for andre løysningar enn sykling i blanda trafikk. Det kan likevel vera eit godt alternativ i mange samanhengar, til dømes der det er lågt hastighetsnivå og lite trafikk. Ulike studiar viser nemleg at blanda trafikk i kryss har i gjennomsnitt færre sykkelulykker enn separerte løysningar (Høye, Sørensen og De Jong, 2015). Dette kjem av at syklistar er meir synlege for bilistane når dei er i same køyrefelt. Dersom ruta ikkje inneheld mange kryss kan det derimot vera fleire ulykker enn ved separerte løysningar. Betre oppmerking, utvida køyrefeltsbreidde og redusert fart er tiltak som kan betra ulykkesstatistikken for blanda trafikk.

Sykkelfelt er utifrå metaanalysen til Høye, Sørensen og Jong (2015) rangert som det beste alternativet med tanke på sikkerheit. Syklistane får stadig mykje merksemd og klarer seg bra gjennom kryss. Langs strekningar er det stor usikkerheit, men å gje syklistar eit eige felt langs køyrebanelen resulterer i gjennomsnitt til færre sykkelulykker. Utfordringa her er der sykkelfeltet ligg for tett inntil parkerte bilar langs vegen, og syklistane sykklar i «dørsona». Eit studie viser at dørulykker i gjennomsnitt er meir alvorlege enn andre sykkelulykker (Duthie *et al.*, 2010).

På grunn av stor forskjell i måtane data er samla inn og analysert var det ikkje mogleg å utføra ein metaanalyse av nyare studiar innan sykkelvegar. Hovudtrekka i resultata er likevel ganske like, kor det er færre ulykker på strekningar, men fleire ulykker i kryss. Den fysiske separeringa mellom syklistar og bilistar gjer betre sikkerheit for syklistane på strekningar. Utfordringa med sykkelvegar er at syklistane

får mindre merksemd, og kan koma som ei overrasking på bilistane i kryss. Også fleire nye studiar viser at talet på sykkelulykker aukar i kryss ved sykkelveggar (Høye, Sørensen og De Jong, 2015).

Heller ikkje gang- og sykkelsti har grunnlag for metaanalyse på nyare data. Ein kan likevel trekke nokre konklusjonar, som at det er ingen resultat som tyder på at gang- og sykkelveggar reduserer talet på ulykker i kryss. På strekningar er det varierende resultat. Metaanalysen av eldre studiar viser ei betring på 55% færre ulykker i forhold til blanda trafikk, medan studiar gjort av Crompton et al. (2015) viser at mengd skadde syklistar har gått opp med 33% (Høye, Sørensen og De Jong, 2015). Dei store skilnadane kan koma frå korleis ein definerer eit sykkeluhell og kva som er ein skadd syklist. Gang- og sykkelveggar gjer betre sikkerheit på strekningar med tanke på konflikhtar med bilar, men sidan det er både fotgjengarar og syklistar i same felt kan det gje større risiko for konflikhtar mellom desse partane. Både fotgjengarar og syklistar er ofte ikkje klar over kor dei skal opphalda seg i gang- og sykkelveggar, noko som fører til kaos og større sannsyn for konflikhtar (Jordan og Leso, 2000).

### 2.3 Tryggleik

Det er viktig å skilja mellom risiko og tryggleik i trafikksikkerheitslitteraturen. Risiko er eit objektivt mål på sikkerheita, ved at det er berekna på grunnlag av historiske data om faktiske ulykker. Enkeltrafikanter har derimot lite kjennskap til ulykkesstatistikken, men har ofte ein subjektiv oppfatning av sikkerheita. Det er altså den subjektive oppfatninga av sikkerheita som blir definert som tryggleik, og det er ofte dette som er med å påverka kva transportmiddel som blir brukt (Noland, 1995). Til dømes viser Lawson, Ghosh og Pakrashi (2015) at sykkel er opplevast som mindre trygg enn andre transportmiddel.

I ulike typar sykkelanlegg vil tryggleiken opplevast forskjellig. Generelt vil separate sykkelanlegg opplevast som tryggare enn blanda trafikk og sykkelfelt (Minikel, 2012). Dette kjem av at nærvære av motorisert køyretøy, som er både store og tunge og har stor fart, vil svekka tryggleiksfølelsen til dei fleste syklistane. Sykkelfelt vil opplevast som noko tryggare enn blanda trafikk, men dersom det er mykje snø og dårleg brøyta vil tryggleiksfølelsen bli svekka (Høye, Sørensen og De Jong, 2015).

Ein kan òg sjå på samanhengar mellom ulike typar syklistar og sykkelanlegg, og korleis til dømes kvinner oppfatar tryggleik samanlikna med menn. Det er generelt færre kvinner enn menn som nyttar sykkel, noko som kan ha bakgrunn i at kvinner oftare prøver å unngå risiko (Damant-Sirois og El-Geneidy, 2015). Ein interessant observasjon er at til trass for at menn sykklar meir enn kvinner i dei fleste land, finst det land med unntak. Dette er land kor sykling er veldig vanleg, som i Danmark og Nederland. Dette kan bety at dersom ein legg til rette for sykling vil det bli ein likare kjønnsfordeling av syklistar (Heinen, van Wee og Maat, 2010).

Aldred *et al.* (2017) samla saman fleire ulike studiar som hadde sett på korleis oppfatta tryggleik endra seg ved alder og kjønn. Resultata viser at kvinner har eit større ønske om separasjon frå motoriserte køyretøy enn menn. Generelt er det ikkje store forskjellar på menn, kvinner, yngre og eldre, men kvinner og eldre syklistar er dei som har sterkest behov for sykkelanlegg som sykkelveg og gang- og sykkelveg. For eldre kan dette forklarast med at dei er meir sårbare dersom ulykka skulle skje.

## 2.4 Drift og vedlikehald

For å auka attraktiviteten til sykling er det viktig med fokus på drift og vedlikehald. Dette omfattar blant anna å halda vegflata jamn og fin, oppmerking og skilting, reinhald, frisikt og ikkje minst vinterdrift. Statens vegvesen skil mellom drift og vedlikehald, der *drift* er oppgåver og rutinar på vegnettet som er nødvendig for at vegane skal fungera, og *vedlikehald* er aktivitetar som tek vare på den fysiske infrastrukturen i eit lenger perspektiv (Statens vegvesen, 2018a). utfordringane innan drift er størst om vinteren med snørydding og tiltak for å betra friksjonen.

Ved tilrettelegging for sykling i blanda trafikk vil drift og vedlikehald vera ganske uendra frå vanlig drift av vegen. Eit unntak er dersom det er eigen oppmerking for syklane i vegbana, og det må dermed gjerast ekstra tiltak for å synleggjera denne merkinga (Høye, Sørensen og De Jong, 2015). Den same utfordringa er på sykkelfelt. Dersom oppmerkinga ikkje lenger er synleg, vil vegen i praksis fungera som blanda trafikk med ekstra breidde på køyrefeltet. Ei anna utfordring med sykkelfelt er at vegbana må på grunn av breidda brøytast i to omgangar. Om ikkje kan i følgje Riersen (2014, som sitert i Høye, Sørensen og Jong, 2015) brøyteskavl bli liggjande i sykkelfeltet eller sykkelfeltet blir brukt som snøopplag.

På vegar for syklande og gåande er driftinga avhengig av tilstrekkeleg snøopplag. Dersom det er planlagt kor ein skal gjera av snøen, vil det bli lite overbrøyting frå køyrebanen og dermed god framkommelighet. Dersom det ikkje er tilstrekkeleg snøopplag vil det samla seg snø i sykkelvegen eller gang- og sykkelvegen, og dermed redusert framkommelighet. Samanlikna med sykkelfelt har Riersen (2014, som sitert i Høye, Sørensen og Jong, 2015) sett på fordelar og ulemper ved drifting av gang- og sykkelveg. Fordelen er at ein kan gjera all drift og vedlikehald uavhengig av biltrafikken. Ulempen er at det som regel må brukast egne maskiner til brøyting her.

### 3 Sykkelulykker

Det kan vera vanskeleg å definera eit sykkeluhell, då det er mange forskjellige perspektiv å ta hensyn til. Ei fallulykke kan til dømes vera eit sykkeluhell for mange, medan politiet ikkje ser på det som eit sykkeluhell. Vegtrafikklovas paragraf 12 seier:

*«Har trafikkuhell medført død eller skade på person og skaden ikke er ubetydelig, skal de som er innblandet i uhellet, sørge for at politiet snarest mulig blir underrettet om uhellet»* (Vegtrafikkloven, 1965).

Det er dermed ikkje noko formell definisjon av eit trafikkuhell, men vegtrafikklova utdjupar i paragraf 1 kor lova gjeld:

*«Denne lov gjelder all trafikk med motorvogn. Den gjelder også annen ferdsel, men da bare på veg eller på område som har alminnelig trafikk med motorvogn»* (Vegtrafikkloven, 1965).

Ut i frå dette tel det berre som trafikkulykke i politiets database dersom ulykka skjedde på ein veg eller eit område som er ope for alminneleg ferdsel med motorvogn. Det betyr blant anna at sykkelulykker på skogssti ikkje blir registrert. Vidare kan det vera problematisk å definera grensa mellom betydeleg og ubetydeleg skade. Det er i ulykkesstatistikken delt opp i fire forskjellige skadegradar (Statens vegvesen, 2018b):

- Drepne
- Meget alvorleg skada
- Alvorleg skada
- Lettare skada

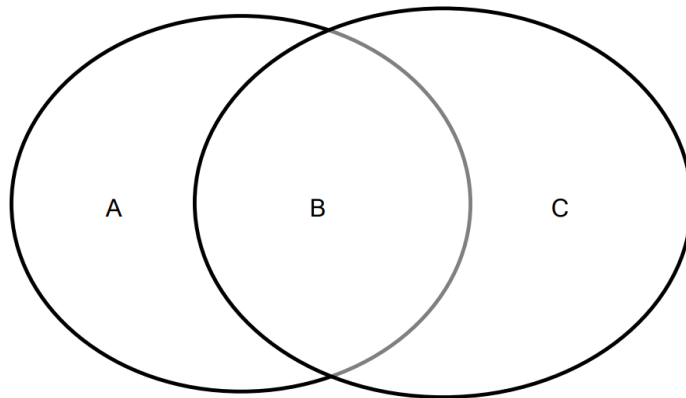
Dei aller fleste sykkelulykker blir kategorisert som lettare skada. Det er òg her grensetilfella oppstår, med usikkerheit rundt kva som er rapporteringspliktig og ikkje. Døme kan vera mindre brot som kan behandlast med bandasje, tannskade, hjerneristing, små sår som må verta sydd osv. Dette er skadar som som regel vil bli registrert hos legevakta, men det er usikkerheit i om det skal rapporterast til politiet også.

#### 3.1 Underrapportering

Som tidlegare nemnd er det ein utfordring å få ein fullstendig ulykkesstatistikk, då det ofte er usikkerheit knytt til kva situasjonar som er nødvendig å rapportera skadar for. Det kan òg vera mange skadar som skulle ha vore rapportert til politiet, men som av ulike årsaker ikkje vart det. Dette er spesielt eit problem innan sykkelulykker, og medfører ein stor del underrapportering. Ein kan måla rapporteringsgrad på

forskjellige måtar, men ein mykje brukt metode er illustrert i Figur 3.1. Elvik (2017) bruker denne metoden, kor han definerer følgjande grupper:

- Gruppe A: Skadar som berre er registrert hos politiet
- Gruppe B: Skadar som er registrert både hos legevakta og politiet
- Gruppe C: Skadar som berre er registrert hos legevakta

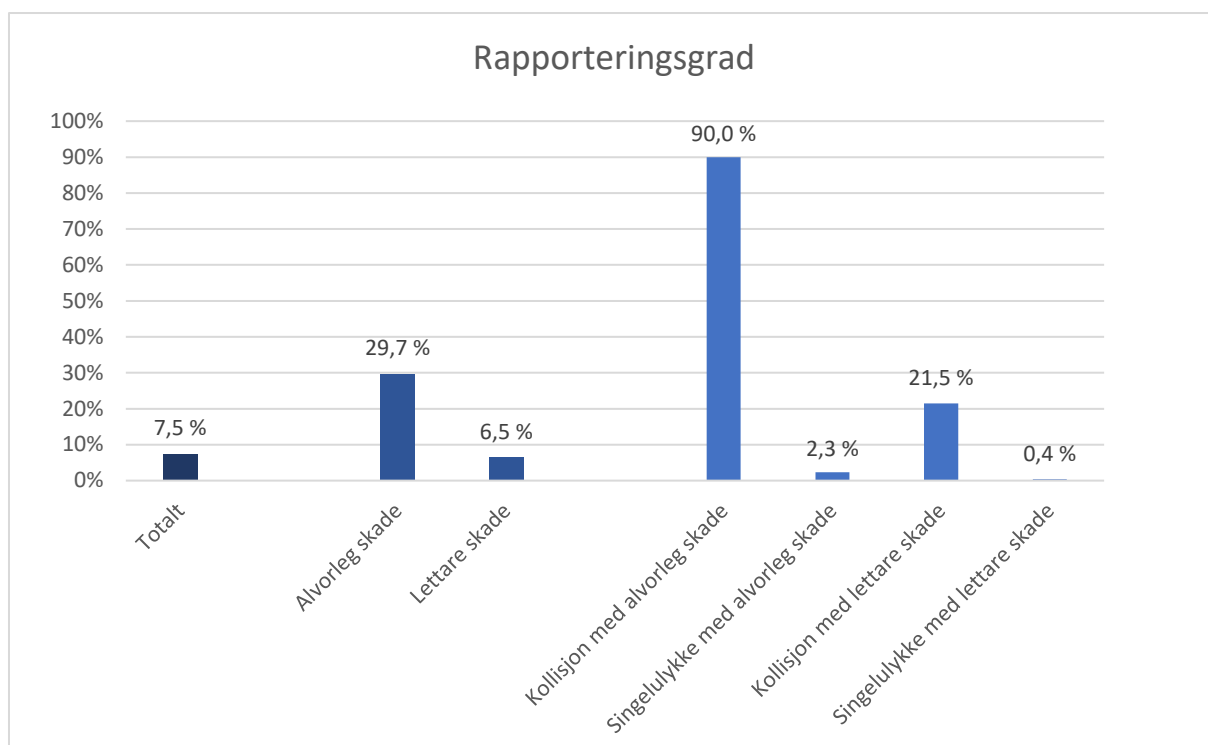


Figur 3.1: Tre grupper for rapportering av sykkelulykker (Elvik, 2017)

I sitt studie har Elvik (2017) definert rapporteringsgrad som:

$$\frac{A + B}{A + B + C}$$

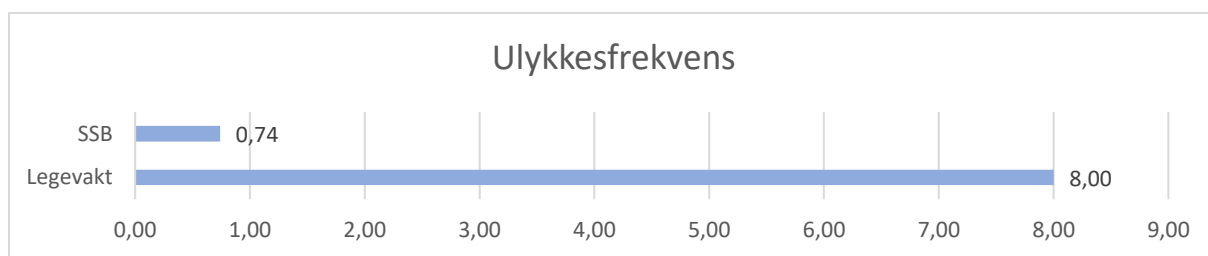
Rapporteringsgrada beskriver dermed kor stor del av den totale mengda ulykker, er blitt registrert hos politiet. Dette kan vidare delast inn i ulike kategoriar, som gjer det lettare å finna dei kritiske sonene ved rapportering av sykkelulykker. Elvik (2017) samanlikna ulykkesstatistikken hos politi og legevakt i Oslo i 2014, og kom fram til rapporteringsgradane illustrert i Figur 3.2.



Figur 3.2: Rapporteringsgrad for syklistskadar i Oslo i 2014 (Elvik, 2017)

Ein kan sjå her at den totale rapporteringsgrada er svært låg. Om ein skil mellom alvorleg og lettare skade er rapporteringsgrada noko større for alvorleg skade, men underrapportering er framleis eit stort problem. Det er i tillegg ei tydeleg trend på stor underrapportering av singelulykker. Her er det mange av ulykkene som blir registrert av legevakta, men aldri registrert hos politiet. Av ulykkene i Oslo i 2014 var 20 av dei kollisjonsulykker med alvorleg skade som følgje. 18 av desse vart rapportert til politiet. Dette resulterer i ei høg rapporteringsgrad for denne gruppa, men vanskeleg å samanlikna med resten grunna låge tal i utgangspunktet. Av 465 kollisjonsulykker med lettare skade vart 100 av dei rapportert til politiet. Dette gjer ein meir nøyaktig indikasjon på rapporteringsgrada. Det er likevel viktig å merka seg at det er meir sannsynleg for høg rapporteringsgrad på alvorlege ulykker med fleire partar involvert, så forma på grafane gjer ein god indikasjon på fordeling av rapporteringsgrad.

Ein annan måte å sjå på underrapportering er berekning av ulykkesfrekvens ved hjelp av ulike registreringar av ulykker. Bjørnskau og Ingebrigtsen (2015) såg på ulykkesfrekvens berekna ved hjelp av data frå Statistisk sentralbyrå (SSB) og data frå Oslo universitetssjukehus (OUS). Ein kan sjå resultatet i Figur 3.3, som syner ei stor auke i ulykkesfrekvens når ein reknar med ulykkesdata frå legevakta i staden for den offisielle statistikken.



Figur 3.3: Ulykkesfrekvens i Oslo i 2014. Skadetal er henta frå SSB og OUS (Bjørnskau og Ingebrigtsen, 2015).

### 3.2 Safety in numbers

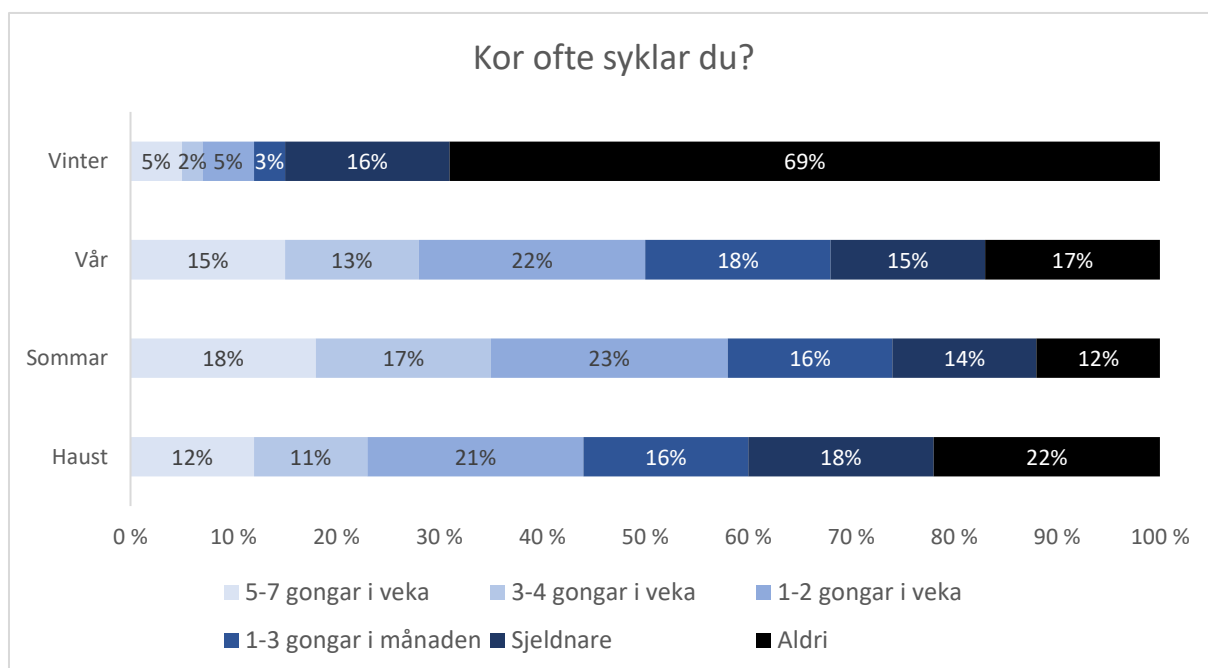
Som nemnd er det mange sykkelulykker kvart år, til trass for at den offisielle statistikken ikkje viser store tal. Det er òg eit mål om auke i mengd sykkelkilometer i åra som kjem. Utfordringa som kjem då er om fleire syklistar vil føra til fleire sykkelulykker. Dette er mogleg å finna ein indikasjon på gjennom «safety in numbers».

Forskning viser at det er ei ikkje-lineær samanheng mellom ulykkesfrekvens og mengd kilometer sykla (Jacobsen, 2003; Elvik, 2009). Bakgrunnen for dette er beskrive som at tryggare sykkelforhold fører til at fleire vel å sykla, medan når fleire vel å sykla vil det bli tryggare å sykla. Større fokus på tilrettelegging for syklistar er blant anna ein effekt av fleire syklistar, som fører til høgare tryggleik for syklistane. Fleire syklistar er ofte ein effekt av at bilistar har endra sine transportvanar, og med færre motoriserte køyretøy i trafikken vil det bli tryggare for mjuke trafikantar.

Eit døme på dette er å sjå på sykling i Tyskland mellom 1975 og 1998. På denne tida var det ein «sykkelboom» i Tyskland, med ei dobling i tal på sykkelturnar og 50% auke i sykkelandelen blant transportalternativa (Pucher, 1997). Samtidig som mengda syklistar auka, skjedde det ei nedgang på 66% i tal på sykkelulykker (Pucher og Dijkstra, 2000). Det er fleire årsaker til dette, som blant anna fleire og betre sykkelfasilitetar, restriksjonar på bruk av motoriserte køyretøy, meir fokus på trafikkutdanning og strengare lovar som beskyttar syklende. Dette er alle tiltak som støttar teorien om «safety in numbers», kor fleire syklende fører til færre ulykker.

## 4 Vintersykling

Det har lenge vore ei utfordring å få syklistar til å nytta sykkelanlegga året rundt. Ei svensk undersøking såg på fordelinga av personkilometer på syklistar gjennom året i 1993, og fann at det i sommarmånadane var 3-4 gonger fleire kilometer sykla enn i vintermånadane (Öberg *et al.*, 1996). Det er også gjort ein nyare undersøking på dette i Noreg, kor 1162 stykk svarte på kor ofte dei sykla gjennom dei fire sesongane (Kummeneje, 2017). Resultata frå undersøkinga er illustrert i Figur 4.1, og ein kan sjå at ein svært stor del svarar at dei aldri sykklar om vinteren. Medan 58% seier at dei sykklar minst ein gong i veka om sommaren, er det berre 12% som seier dei gjer det same også den kaldaste årstida.



Figur 4.1: «Kor ofte sykklar du ved ulike årstider?» (Kummeneje, 2017)

Det er vidare gjort undersøkingar på kvifor det er ein så stor del som ikkje sykklar om vinteren. Ein brukarundersøking i Trondheim spurte sommarsyklistane kvifor dei ikkje sykla på vinteren, og mange svara drift og vedlikehald (Erichsen, 2018). Ein kan sjå resultata frå dette studiet i Figur 4.2. Dette betyr at det er eit potensial for å auka mengda vintersyklistar, og nøkkelen til dette kan vera vinterdrift.





Figur 4.2: «Kvifor sykklar du ikkje på vinteren?» (Erichsen, 2018)

#### 4.1 Vintersyklisten

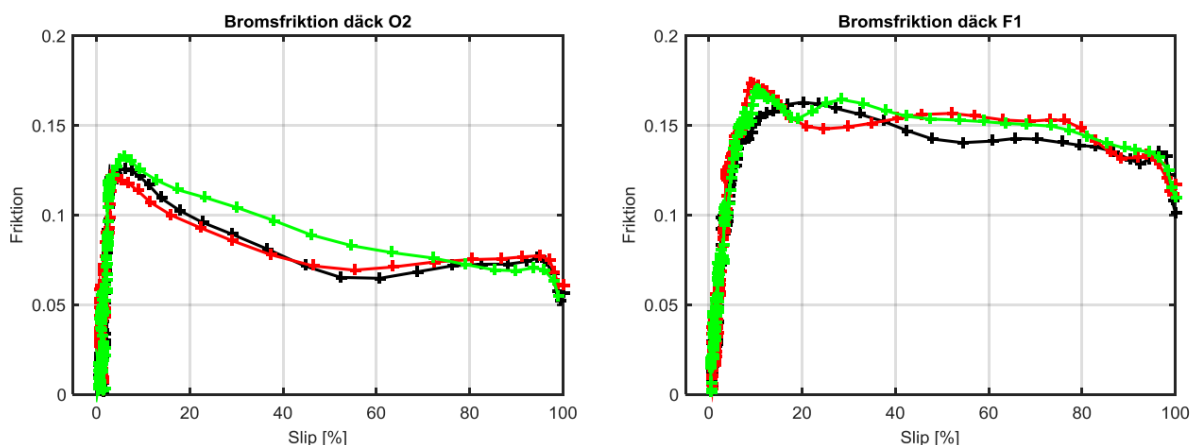
Eit studie i Lillestrøm såg på kven vintersyklisten var og kva meiningar vintersyklisten hadde om sykling i dei kaldaste månadane (Wiecek, 2013). Dei fleste deltakarane hadde fleire års erfaring med vintersykling og både menn og kvinner sykla. Det var ei overvekt av menn med berre 31% kvinner, og aldersgruppa 40-59 år var den dominerande med 69%. Hovudmotivasjonen for sykling om vinteren var eiga helse og sykkelglede, og nesten alle sykla minst tre gongar i løpet av veka. Dei gongane dei ikkje sykla, var det som regel bilen som var brukt. Det viktigaste utstyret er beskrive som piggdekk, sykkellykt og hjelm. Denne brukarundersøkinga var dessverre berre 13 deltakarar, og det er dermed vanskeleg å trekkja konklusjonar på kven vintersyklisten er. Eit liknande studie er utført i Fredrikstad og Sarpsborg i forbindelse med ein vintersyklingskampanje (Sykkelbyen Nedre Glomma, 2013). Resultata viser den same trenda, men også her er det for få deltakarar (30 stykk) til å trekkja konklusjonar.

Det finst forskjellige vintersyklistar, og ulike syklistar blir påverka forskjellig av snø og is. Kvinnelege syklistar er meir sannsynleg å bli påverka av vinterforhold enn menn (Aldred *et al.*, 2017). Også Bergström og Magnusson (2003) ser på kva alder og kjønn har å seia for vintersykling. Resultata deira viser at årsaka til færre kvinner som vintersyklist er at kvinner er meir sensitive for dårlege vegforhold, nedbør, temperatur og at det ofte er nødvendig å gjera andre ærend. Mangel på dagslys er òg ein faktor som påverkar kvinner meir enn menn, men betydninga av mørkheit er generelt liten. Vidare er det beskrive korleis alderen påverkar valet om vintersykling, og at dei yngre syklistane (20-34 år) likar betre å sykla om vinteren enn andre aldersgrupper. Dette samsvarar med resultat frå Canada, der det er funne at studentar er meir villige til å sykla om vinteren enn tilsette på universitetet (Nahal og Mitra, 2018).

## 4.2 Utstyr

Å sykla om vinteren krev meir utstyr enn sykling om sommaren. Mange av årsakene lista i Figur 4.2 kan relaterast til forskjellige typar utstyr, til trass for at det ikkje er snakk om store forskjellar. Betre klede, sykkellys og refleks kan vera løysinga for fleire av deltakarane i undersøkinga. Det viktigaste ekstraustyret ein treng om vinteren er likevel piggdekk, som aukar både tryggleik og sikkerheit, medan problemet med drift og vedlikehald blir mindre betydeleg. Piggdekk penetrerer djupare i hardpakka snø og is, noko som aukar friksjonen mellom dekk og underlag (Rekilä og Klein-Paste, 2016).

Det har dei siste åra vore ei stor auke i syklistar med piggdekk (Hjort og Niska, 2015). Dette har ei samanheng med at det har vorte meir populært med vintersykling, som i nordiske land ofte krev betre friksjon for å få tilstrekkeleg tryggleik. Ei undersøking utført i Sverige viser kor mykje betre friksjonen er for piggdekk enn sykkeldekk utan piggar. Resultatet i Figur 4.3 viser at både dekk med og utan piggar har ein friksjonstopp på 10% slipp, men toppen er høgare for piggdekk enn vanlege dekk (Hjort og Niska, 2015). Medan friksjonen går nedover etter kvart som dekket sklir meir for sykkeldekk utan piggar, har piggdekk ein meir jamn friksjon. Friksjonen ved fullstendig låst hjul er òg høgare for piggdekk.



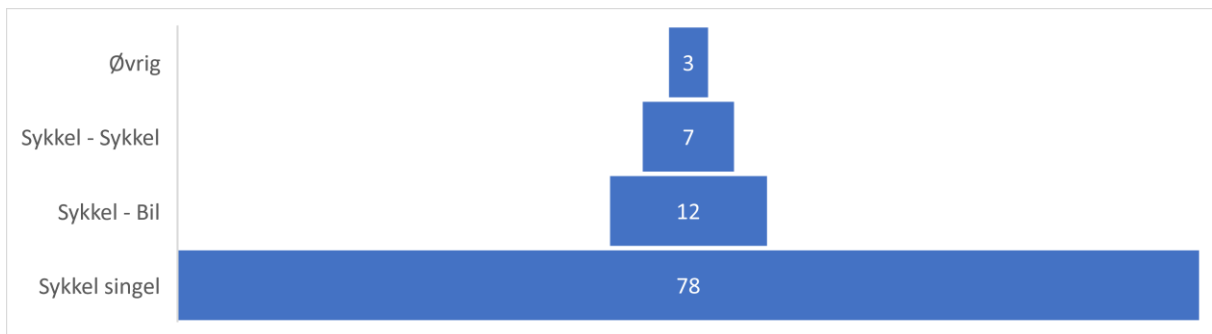
Figur 4.3: Friksjon for sykkeldekk utan piggar i figuren til venstre. Figuren til høgre illustrerer friksjon med piggdekk på sykkel. Tre forskjellige testar. (Hjort og Niska, 2015)

## 4.3 Hastigheit

Det er lite forskning på korleis hastigheitsvalet til syklistar forandrar seg på ulike føre. Eriksson *et al.* (2017) såg på korleis middelhastigheita endra seg gjennom året på ei innfartsåre til Stockholm og fann små variasjonar, men noko lågare hastigheit i vintermånadane. Det er derimot lite informasjon om føreforholda under fartsmålingane, men det er grunn til å tru at syklistane var meir forsiktige i tilfelle det var glatt. Dette kan ein sjå av at fartsmålinga er gjort i ein slak bakke, og vinterskilnaden er størst når syklistane har nedoverbakke.

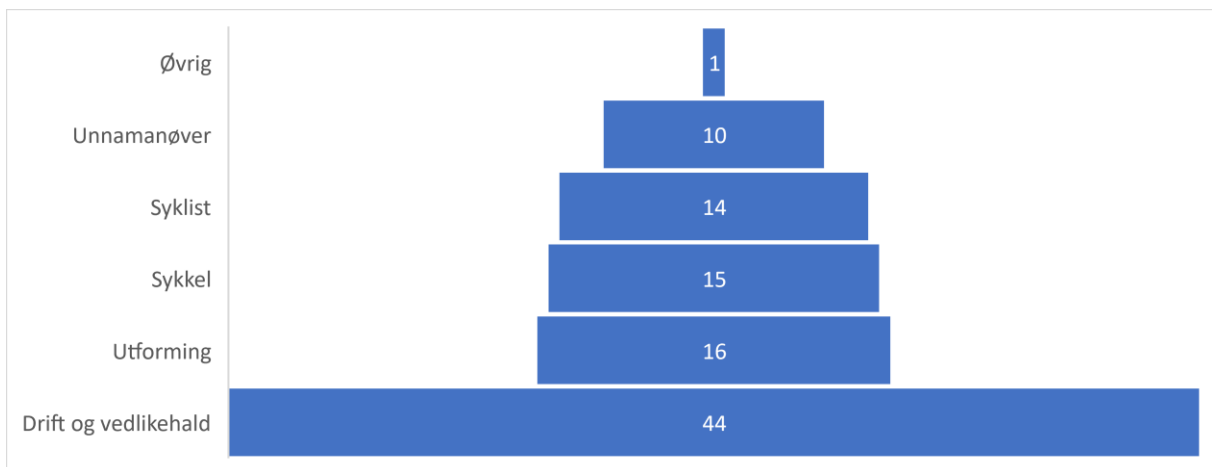
## 4.4 Risiko

Køytøyer på to hjul er særleg utsett for ulykker på vinterføre, grunna snø og is gjer lav friksjon mellom hjul og vegdekke, som kan føra til skliulykker. Betring av vegdekkets friksjon gjer ein signifikant nedgang i ulykkesrisikoen, og det er ein klar samanheng mellom friksjon og tal på ulykker (Høye, Elvik og Sørensen, 2011). Dette kan ein sjå i ein svensk studie utført av Statens väg- og transportforskningsinstitut, illustrert i Figur 4.4, Figur 4.5 og Figur 4.6 (Niska og Eriksson, 2013). Denne studien er basert på data frå legevakta, noko som gjer eit høgare og meir nøyaktig tal på ulykker og ulykkefordelinga.



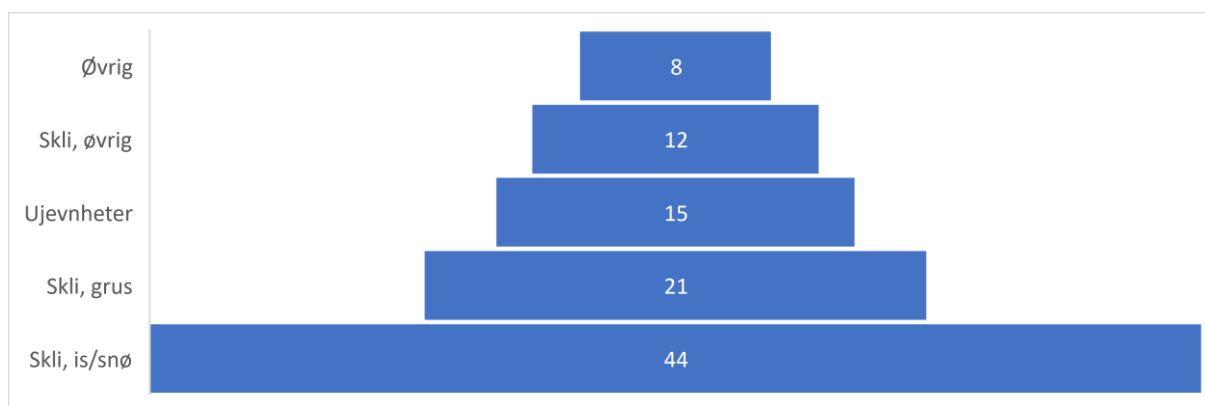
Figur 4.4: Ulykkestype ved alvorlege ulykker (Niska og Eriksson, 2013)

Figur 4.4 viser at dei fleste alvorlege sykkelulykkene skjer som singeluhell. Det vil i stor grad bety at sykklisten er sjølv ansvarleg for uhellet. Eit unntak er når ulykka skjedde som følge av at ein må svinga vekk for andre køytøyer (unnamanøver). Singelulykkene kan vidare delast opp i hovudårsaker:



Figur 4.5: Hovudårsak i singelulykker (Niska og Eriksson, 2013)

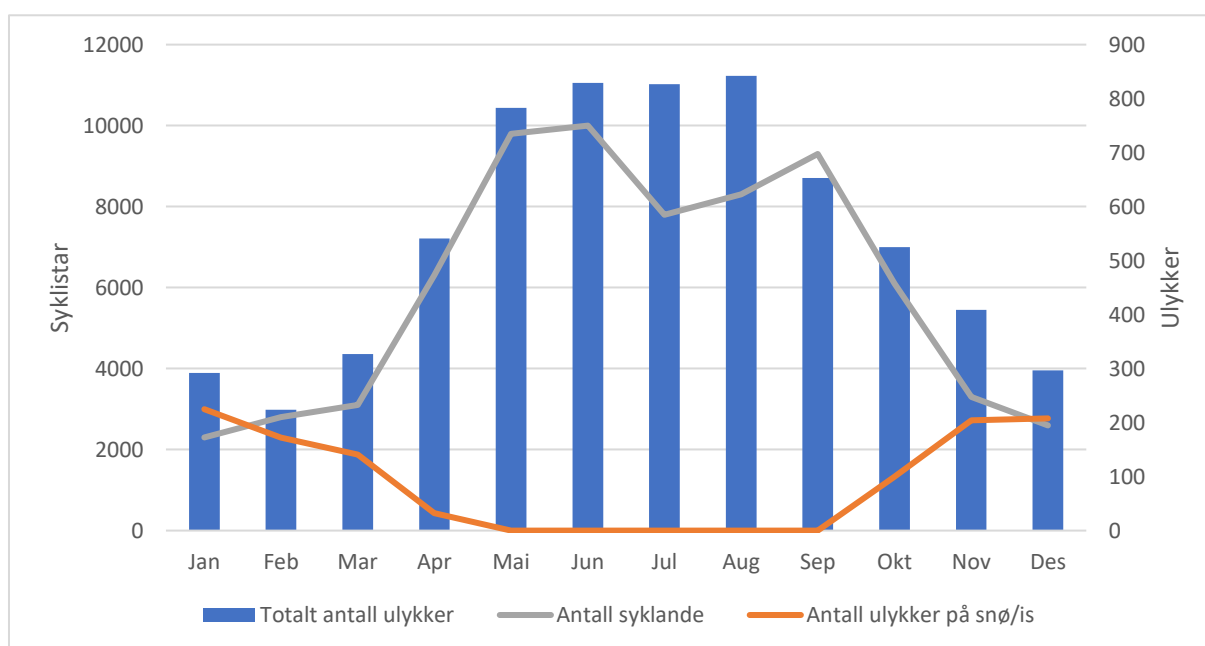
Ein ser her at drift og vedlikehald er hovudårsaka til nesten halvparten av singelulykkene. Dette kan igjen brytast ned i forskjellige ulykkesårsaker:



Figur 4.6: Ulykkesårsak ved drift- og vedlikehaldsulykker (Niska og Eriksson, 2013)

Som vist i Figur 4.6 er den største årsaka til drift- og vedlikehaldsulykker at syklisten har sklidd på is eller snø. Dette er relatert til drift og vedlikehald ved at det ikkje er utført tilstrekkeleg brøyting og salting, som medfører mindre friksjon og høgare ulykkesrisiko.

Niska og Eriksson (2013) har òg sett på korleis talet på skliulykker endrar seg saman med den totale mengda ulykker i løpet av året. Ein kan sjå i Figur 4.7 at sjølv om delen skliulykker er stor i vintermånadane, så er den totale mengda skliulykker forårsaka av snø og is ikkje alt for stor. Noko av årsaka til dette er at det er færre syklistar om vinteren, som då betyr færre ulykker totalt. Isaksson og Karlsson (2010) talde syklistar gjennom heile året ved tre forskjellige innfartsårer til Stockholm i 2009, og den totale mengda syklistar på desse tre sykkelvegane er illustrert i den same figuren under. Ein ser der at det er ein klar korrelasjon mellom tal på syklistar og ulykker, men snø og is er uansett hovudårsaka til alvorlege sykkelulykker i vintermånadane. Det er her eit stort potensial for forbedring.



Figur 4.7: Skliulykker på snø/is samanlikna med alvorlege ulykker (Niska og Eriksson, 2013; Isaksson og Karlsson, 2010)

Det er mogleg å sjå på potensielle verknadane på mengd fallulykker når ein reduserer snø- og isføre på gangareal. Dette var gjort i Oslo av Ragnøy (1985, som sitert i Høyve *et al.* (2012)), og studien viste at risikoen for fallulykker om vinteren vart redusert når delen av gangareal med snø- og isføre var lågare. Eit liknande studie er gjort i Sverige, kor det blant anna er sett på korleis ulykkesfrekvensen<sup>3</sup> ved forskjellige føreforhold (sjå Tabell 4.1) i tre forskjellige svenske byar (Öberg *et al.*, 1996). Denne viser at det er høgast risiko for sykkelulykker når det er snø eller is på meir enn 75% av vegen, men ulykkesfrekvensen er framleis ganske høg når det er blanda forhold på vegen. Ei mogleg forklaring på dette kan vera uoppmerksomheit og at syklisten i mindre grad forventar at det skal vera glatt når det er færre delar av strekningen som er glatte. Ein annan observasjon er at forskjellen i ulykkesfrekvens på bar veg om sommaren og bar veg om vinteren er relativt liten, noko som kan tyda på at dersom ein kan oppnå gode rutinar i vinterdrift som sikrar bar veg (tilsvarande vinterdriftsklasse GsA) gjennom heile vinteren, er det mogleg å redusera ulykkesrisikoen. Det er derimot lite forskning som støttar denne teorien, og nødvendig med både meir og nyare forskning på området.

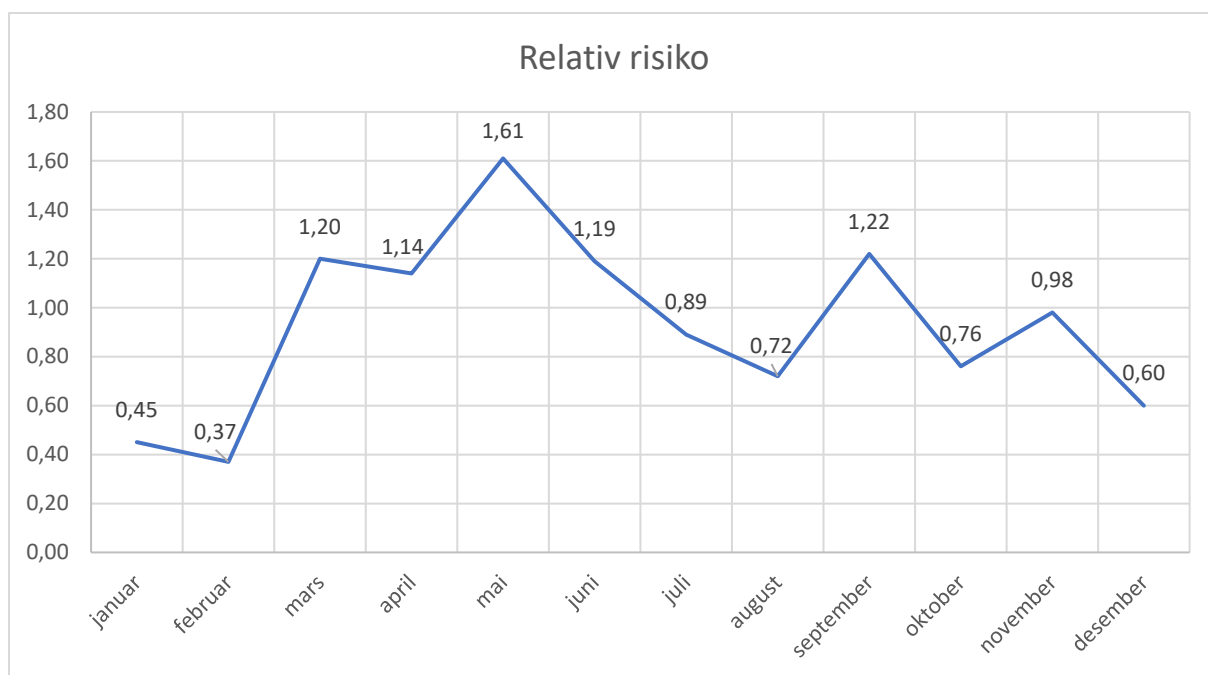
Tabell 4.1: Definisjonar på vegoverflate (Öberg *et al.*, 1996)

Sommar - bar veg	Det er ingen snø/is på vegen
Vinter - bar veg	Det er mindre enn 25% snø/is på vegen
Vinter - blanda	Det er mellom 25% - 75% snø/is på vegen
Vinter - snø/is	Det er meir enn 75% snø/is på vegen

Det er fleire ulike måtar å sjå på forholdet mellom vintersykling og sikkerheit. Eit studie utført av COWI (2017) brukte òg data frå legevakta, og samanlikna talet på skadde syklistar med sykkeltrafikk, nærmare bestemt mengde kilometer sykla. Prosentandelen skadde syklistar er høgare om sommaren, men årsaka til dette kan som nemnd skuldast at det er då dei fleste sykklar. Studien såg derfor på relativ risiko for syklistar gjennom året, og kom fram til resultatane illustrert i Figur 4.8.

Relativ risiko er berekna som fordeling av ulykker per månad dividert med fordeling av sykkeltrafikk per månad. Figuren viser at den relative risikoen er lågast i dei tre vintermånadane desember, januar og februar (COWI, 2017). Det er vidare ikkje reflektert i studien kva årsaka til dette er, men det er opplyst om at 72% av dei skadde syklistane var menn. Dette kan bety fleire ting, som til dømes at menn er meir uforsiktige enn kvinner på sykkelen. Det kan òg bety at det stort sett er menn som sykklar om vinteren.

<sup>3</sup> Ulykkesfrekvens er definert som antall ulykker per million køyretøyskilometer (Jonsson, 2018)



Figur 4.8: Skada syklistar i forhold til sykkeltrafikk (COWI, 2017)

## 4.5 Tryggleik

Som nemnd tidlegare i oppgåva er det som regel ikkje ulykkesstatistikken som avgjer om det er attraktivt å sykla eller ikkje, men den opplevde tryggleiken knytt til sykling. Tryggleik kan bli betydeleg svekka ved vinterforhold, då særleg for dei meir usikre syklistane. Kummeneje (2017) gjorde eit studie på blant anna korleis risikopersepsjon endra seg for syklande om vinteren. I undersøkinga svarte deltakarane på korleis dei vurderte sannsyn, konsekvens og bekymring på vinterføre og sommarføre. Resultata viser at tryggleiken er vurdert som dårlegare om vinteren enn om sommaren, då syklistane svarar at dei om vinteren er meir bekymra, har høgare sannsyn for ulykke og konsekvensane av ulykka er verre (Kummeneje, 2017). Dette kjem òg fram i Karlsson (2000) si undersøking av korleis vêt og føre påverkar syklistar. Ved temperatur under null vil mengda syklistar bli redusert med 20%, noko som kan relaterast til usikkerheit rundt føreforholda.

Tiltak som kan betra tryggleiken for vintersyklistar er betre vinterdrift av sykkelanlegga. Ettersom glatt føre bidrar til å redusera risikopersepsjonen for syklistar, vil eit tiltak mot is og snø auka følelsen av tryggleik, og dermed auka attraktiviteten for sykling om vinteren (Sørensen, 2013). Eit amerikansk studie på syklistar i kalde, nordlege byar viste at fleire personar ynskjer å nytta sykkelen meir om vinteren, men let vera ettersom dei føler forholda ikkje er trygge nok (Cabral, Kim og R. Parkins, 2018). God vinterdrift kan altså føra til færre bilistar som òg gjer ein betre tryggleik for vintersyklistane. Men det kan i tillegg føra til betre veg for bilane, som då medfører høgare hastigheiter og redusert tryggleik for syklistane om dei oppheld seg i blanda trafikk eller sykkelfelt (Sørensen, 2013).

## 5 Vinterdrift

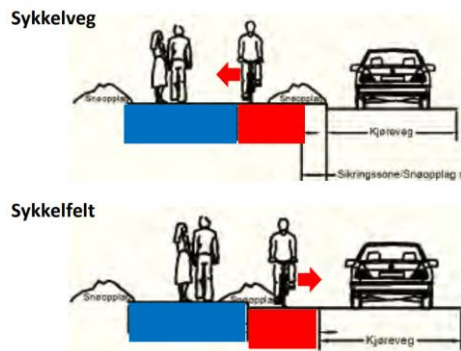
Som tidlegare nemnd er drift av veg relatert til oppgåver og rutinar som er nødvendige for at vegen skal fungera optimalt. Vinteren krev ekstra tiltak for at vegen skal vera i optimal tilstand, både for bilveggar og gang- og sykkelareal. I hovudsak består vinterdrift av oppgåver som snøbrøyting, snø- og isrydding, sandstrøing og salting (Statens vegvesen, 2018c). Andre aktuelle vinteroppgåver for drift av sykkelveg kan vera vasking av skilt, tining av stikkrenner og sluker, og fjerning av istappar langs bergskjeringar.

### 5.1 Problem

Problemet med vinterdrift er som nemnd tidlegare å få optimalisert den, slik at enda fleire syklistar vil nytta anlegga også om vinteren. Ein må dermed gå djupare i problemet, og sjå på kvifor drift og vedlikehald er ein så viktig faktor i å hindra syklistar å sykla om vinteren.

Den viktigaste faktoren er relatert til friksjon på vegdekke som forårsakar skliulykker. Dette er noko som er undersøkt i Sverige på byrjinga av 2000-talet. Ein friksjonstestar designa for å måla friksjon på vegoppmerking viste seg å vera godt eigna for friksjonsmåling for sykklar, så det kunne målast friksjon på ulike typar underlag (Bergström, Åström og Magnusson, 2003). Viktige observasjonar frå denne rapporten er blant anna korleis friksjonsnivået endrar seg på slush, is, laus snø og pakka snø. Friksjon på slush (0.25 – 0.57) kan i nokre tilfelle vera så høg at det er uproblematisk å sykla på, men dersom det er slush på is (0.22 – 0.36) kan det bli problematisk å sykla på dette underlaget utan piggdekk. Både laus snø (0.19 – 0.37) og kompaktert snø (0.14 – 0.44) kan også ha svært låge friksjonsverdiar, som gjer det utfordrande å sykla på. Om ein derimot legg til grus i desse laga vil det i dei fleste tilfelle bli ein auke i friksjonskoeffisienten. Men grus kan også gje ein lågare friksjon, spesielt dersom snøen eller slushet er veldig laust og hjulet vil skli på grusen.

Eit anna problem med vinterdrift er kor ein skal gjera av snøen. Som nemnd tidlegare kan brøyting by på forskjellige problem i dei ulike typane sykkelanlegg. Figur 4.4 viser to døme på korleis snøopplag kan skapa utfordringar. Dersom snøen er lagra på vegskuldra og ligg innover i sykkelvegen, kan det skapa konflikhtar mellom syklistar og fotgjengarar (Høye, Sørensen og De Jong, 2015). Det same kan skje ved sykkelfelt, og problemet er då om for mykje av sykkelfeltet blir brukt som snøopplag. Resultatet av det vil bli at syklistane blir pressa ut i vegbana, og syklistane vil føla seg utrygge. For lite brøyting vil òg vera eit problem, då det kan føra til at syklistar og fotgjengarar heller trekk ut i den brøytt vegbana enn å sykla eller gå i snø.



Figur 5.1: Potensielle konflikter ved uoptimal snølagring (illustrasjon frå Riersen (2014, som sitert i Høye, Sørensen og Jong, 2015))

Andre konkrete problem ved vinterdrift for sykklistar kan vera (Sørensen, 2013):

- Bilvegen blir prioritert rett etter snøfall.
- Snø og slaps frå bilvegen blir kasta inn på brøyta sykkelveg.
- Køyrebanen for bilar blir heldt fri for is som følgje av piggdekkslitasje, medan sykkelvegen er islagt gjennom heile vinteren.
- Bilvegen blir fri for grus tidleg på våren, medan det tar lang tid før sykkelvegen blir kosta.

## 5.2 Strategiar for vinterdrift

Formålet med vinterdrift er å kunna sørgja for at vegane er køyrbare og sikre gjennom heile vinteren. I Noreg er det Statens vegvesen som bestemmer drift- og vedlikehaldsstandarden gjennom Handbok R610, Standard for drift og vedlikehald av riksvegar (Statens vegvesen, 2014b). Krava blir som regel bygd opp av to forskjellige kategoriar:

- Funksjonskrav (materialkrav)
- Tiltakskrav (metode/utføringskrav)

*Funksjonskrava* seier noko om kriteria som skal vera oppfylt for at vegene skal oppretthalda sin funksjon. Til dømes kan kriteriet vera at ein sykkelsti har eit minimumskrav til friksjonskoeffisient, og dette skal dermed alltid oppretthaldast. *Tiltakskrava* seier noko om når tiltaka skal setjast i gang. Til dømes kan kriteriet vera at snøbrøyting skal setjast i gang før det har nådd eit maks nivå centimeter snø på ein sykkelvegen.

For å sikra at dei ulike krava til ei kvar tid blir tilfredsstilt, er det fastlagt strategiar med omsyn på korleis vegane skal driftast. Statens vegvesen har definert to hovudstrategiar for vinterdrift (Larsen *et al.*, 2011):

- Strategi bar veg
- Strategi vinterveg



Ved *strategi bar veg* er formålet at vegen skal haldast mest mogleg bar gjennom heile vinteren. Det er ikkje mogleg å halda vegen open heile tida under snøfallet, men bar veg skal gjenopprettast snarleg innanfor bestemte tidskrav etter snøfall. Bruk av salt er også nødvendig for å oppnå bar veg. På vegar som blir drifta etter *strategi vinterveg* er det akseptert med snø- og isdekke. Det er ingen krav til at snø/issålen skal fjernast, men det er krav til tjukkleik og jamne på sålen. Ved lav friksjon skal det strøs med sand/grus.

Med utgangspunkt i infrastrukturens funksjon blir det valt ein vinterdriftsklasse, som seier noko om kva vinterstrategi som skal veljast. For sykkelveg er det to vinterdriftsklassar beskrive i Tabell 5.1, GsA og GsB (Statens vegvesen, 2014b). I begge vinterdriftsklassane blir det stilt krav til blant anna tilstand på vegen, friksjon, jamne på snø/is og tverrfall. Det er strengare krav for GsA, særleg dersom salt gjer ønska effekt. Det er òg forskjellige krav til innsats ved vêrhendingar, som til dømes at ein sykkelveg i vinterdriftsklasse GsA skal ha maksimal sykklustid for brøyting på 2 timar, medan GsB kan ha maksimal sykklustid på 3 timar. Vidare er det viktig at overgangen mellom ulike vinterdriftsklassar blir lagt på stadar kor endringa ikkje kjem som ei overrasking på syklistane.

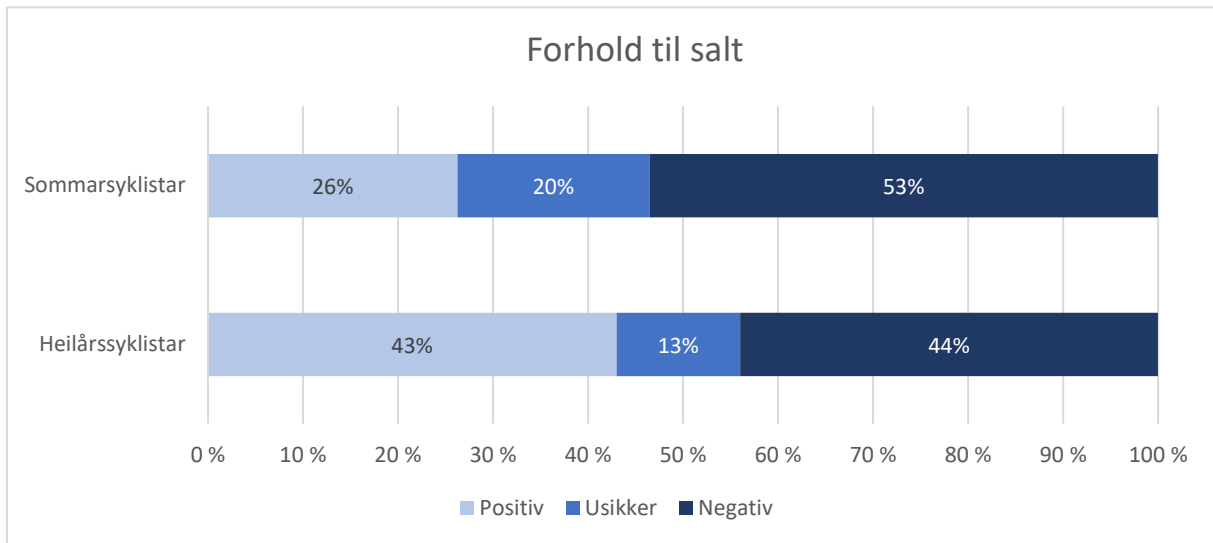
Tabell 5.1: Vinterdriftsklasser med bruk og metodar (Statens vegvesen, 2014b)

Vinterdrifts- klasse	Bruk	Metode
GsA	Hovudnett for sykkeltrafikk	Salt nyttast som preventivt tiltak og for å oppretthalda samt gjenopprette bar veg.
	Bystrøk med høg gang- og sykkeltrafikk	Brøyting og kosting blir nytta før salting for å oppnå bar veg.
GsB	Ørvig ferdselsareal for gåande og syklande	Sand nyttast for å oppretthalda tilstrekkeleg friksjon.

### 5.3 Salt

Bruk av salt ved vinterdrift er eit mykje diskutert tema, òg innan sykling. Det er stadig nye avisartiklar om frustrasjon frå bilistar og syklistar over salting. Til dømes skriv Adresseavisa om fleire syklistar som klagar på dårlege sykkelforhold og problem med rust (Scheffe, 2016). Artikkelen påpeikar at det er mange som ynskjer å nytta sykkelen om vinteren, men at dei let vera for å reservera seg mot at sykkelen blir øydelagt. Det er òg gjort ei undersøking på kva folk meiner om salting, med resultat illustrert i Figur 5.2. I denne undersøkinga kan ein sjå at syklistar som sykklar om vinteren, er generelt meir positive til salt enn dei som berre sykklar om sommaren (Bergström, 2003). Årsakene til dette kan vera fleire, blant anna at vintersyklistar set meir pris på god friksjon når dei sykklar, og at dei generelt er meir positivt

innstilt på sykling. Dei som svarte at dei var i mot salting av sykkelveggar, sa at det var på grunn av materielle skadar som rust, og av omsyn til miljøet (Bergström, 2003).



Figur 5.2: Syklistars forhold til salting (Bergström, 2003)

Den vanlegaste typen salt som er brukt i Noreg er natriumklorid (NaCl), og skal i følge Wåhlin og Klein-Paste (2017) sørgja for:

- Anti-ising
- Anti-kompaksjon
- Avising

Anti-ising er eit førebyggjande tiltak, kor ei saltløsning er brukt for å hindra at vatn skal danna iskrystallar og skapa lågare friksjon i vegbana. Reint vatn når sitt frysepunkt ved 0°C, medan vatn med ein saltkonsentrasjon vil ha lågare frysepunkt, avhengig av saltkonsentrasjonen. Dette er ein strategi eigna for forhold når vegbana er våt, og det er forventa at temperaturen kan krypa under 0°C.

Anti-kompaksjon skal hindra at snøen kompakterer seg og byggjer seg opp til ei hard skorpe som er vanskeleg å fjerna. Formålet er ikkje at saltet skal smelta all snøen, men at hjula på køyretøya enklare kan nå asfalten under snølaget, og dermed hjelpa til å ta vekk snøen frå vegbanen. Dette kan vera ein nyttig strategi for bilar grunna breidda på dekk, men effekten er ikkje like stor for sykklar.

Avising er ein reaksjonsstrategi, som handlar om å gjenvinna kontrollen over friksjon på underlaget, ved å tilføra salt til snøen eller isen som allereie er på veggen. Ein ynskjer å unngå denne bruken av salt, då det betyr at ein tidlegare har hatt lågare friksjon enn kva som hensiktsmessig.

## Referansar

- Aldred, R. *et al.* (2017) Cycling provision separated from motor traffic: a systematic review exploring whether stated preferences vary by gender and age, *Transport Reviews*, 37(1), s. 29-55. doi: <https://doi.org/10.1080/01441647.2016.1200156>.
- Bergström, A. (2003) More Effective Winter Maintenance Method for Cycleways, *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1824, s. 115-122. doi: <https://doi.org/10.3141/1824-13>.
- Bergström, A. og Magnusson, R. (2003) Potential of transferring car trips to bicycle during winter, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 37(8), s. 649-666. doi: [https://doi.org/10.1016/S0965-8564\(03\)00012-0](https://doi.org/10.1016/S0965-8564(03)00012-0).
- Bergström, A., Åström, H. og Magnusson, R. (2003) Friction Measurement on Cycleways Using a Portable Friction Tester, *Journal of Cold Regions Engineering*, 17(1), s. 37-57. doi: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0887-381X\(2003\)17:1\(37\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0887-381X(2003)17:1(37)).
- Bjørnskau, T. og Ingebrigtsen, R. (2015) *Alternativ forståelse av risiko og eksponering*. (TØI-rapport 1449/2015). Oslo: Transportøkonomisk institutt. Tilgjengeleg frå: <https://www.toi.no/getfile.php?mmfileid=41817> (Henta: 04.11.18).
- Buehler, R. (2011) Determinants of transport mode choice: a comparison of Germany and the USA, *Journal of Transport Geography*, 19(4), s. 644-657. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2010.07.005>.
- Cabral, L., Kim, A. M. og R. Parkins, J. R. (2018) Bicycle ridership and intention in a northern, low-cycling city, *Travel Behaviour and Society*, 13, s. 165-173. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tbs.2018.08.005>.
- COWI (2017) *En reanalyse av skadde syklistar i Oslo 2014 basert på data fra Oslo skadelegevakt*. COWI. Tilgjengeleg frå: [https://www.vegvesen.no/attachment/2020852/binary/1209376?fast\\_title=En+reanalyse+av+skadde+syklistar+i+Oslo+2014.pdf](https://www.vegvesen.no/attachment/2020852/binary/1209376?fast_title=En+reanalyse+av+skadde+syklistar+i+Oslo+2014.pdf) (Henta: 22.11.18).
- Damant-Sirois, G. og El-Geneidy, A. M. (2015) Who cycles more? Determining cycling frequency through a segmentation approach in Montreal, Canada, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 77, s. 113-125. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tra.2015.03.028>.
- Daziano, R. A. og Motoaki, Y. (2014) *Data collection and econometric analysis of the demand for non-motorized transportation*. Ithaca, NY: University Transportation Research Center. Tilgjengeleg frå: <http://www.utrc2.org/sites/default/files/pubs/Final-Data-Collection-Econometric-Analysis.pdf> (Henta: 03.10.18).
- Dill, J. og McNeil, N. (2013) Four types of cyclists? Examination of typology for better understanding of bicycling behavior and potential, *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2387(1), s. 129-138. doi: <https://doi.org/10.3141/2387-15>.
- Duthie, J. *et al.* (2010) Effects of On-Street Bicycle Facility Configuration on Bicyclist and Motorist Behavior, *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2190, s. 37-44. doi: <https://doi.org/10.3141/2190-05>.
- Elvik, R. (2009) The non-linearity of risk and the promotion of environmentally sustainable transport, *Accident Analysis & Prevention*, 41(4), s. 849-855. doi: <https://doi.org/10.1016/j.aap.2009.04.009>.
- Elvik, R. (2017) *Analyse av syklistskader i Oslo: rapporteringsgrad, helsekonsekvenser og sammenligning med svenske data*. Oslo: Transportøkonomisk institutt. Tilgjengeleg frå: [https://www.vegvesen.no/attachment/2409427/binary/1277083?fast\\_title=Analyse+av+syklistskade](https://www.vegvesen.no/attachment/2409427/binary/1277083?fast_title=Analyse+av+syklistskade)

- [r+i+Oslo%2C+rappporteringsgrad%2C+helsekonsekvenser+og+sammenligning+med+svenske+data.pdf](#) (Henta: 28.09.18).
- Erichsen, K. (2018) *Syklisters premisser for valg av rute*. Master, NTNU. Tilgjengeleg frå: <https://brage.bibsys.no/xmlui/handle/11250/2561311> (Henta: 28.09.18).
- Eriksson, J. et al. (2017) *Cyklisters hastigheter - kartläggning, mätningar och observation*. (VTI-rapport 943). Linköping: Statens väg- och transportforskningsinstitut. Tilgjengeleg frå: <http://vti.diva-portal.org/smash/get/diva2:1115997/FULLTEXT01.pdf> (Henta: 27.11.18).
- Flügel, S. et al. (2017) *Fartsmodell for sykkel og elsykkel*. (TØI-rapport 1557/2017). Oslo: Transportøkonomisk institutt. Tilgjengeleg frå: <https://www.toi.no/getfile.php?mmfileid=45144> (Henta: 05.12.18).
- Geller, R. (2009) *Four types of Cyclists*. Portland, Oregon: Portland Office of Transportation. Tilgjengeleg frå: <https://www.portlandoregon.gov/transportation/article/237507> (Henta: 02.10.18).
- Heinen, E., van Wee, B. og Maat, K. (2010) Commuting by Bicycle: An Overview of the Literature, *Transport Reviews*, 30(1), s. 59-96. doi: <https://doi.org/10.1080/01441640903187001>.
- Hesjevoll, I. S. og Ingebrigtsen, R. (2016) *Bygg, så sykler de kanskje: En litteraturstudie av betydningen av separering, sammenheng og trygghet for sykling*. (TØI-rapport 1499/2016). Oslo: Transportøkonomisk institutt. Tilgjengeleg frå: <https://www.toi.no/getfile.php?mmfileid=43185> (Henta: 03.10.18).
- Hjort, M. og Niska, A. (2015) *Kan dubbdäck på cykeln minska singelolyckorna?* (VTI-rapport 862). Linköping: Statens väg- och transportforskningsinstitut. Tilgjengeleg frå: <http://vti.diva-portal.org/smash/get/diva2:840486/FULLTEXT01.pdf> (Henta: 27.11.18).
- Hunt, J. D. og Abraham, J. E. (2007) Influences on bicycle use, *Transportation*, 34(4), s. 453-470. doi: <https://doi.org/10.1007/s11116-006-9109-1>.
- Høyе, A., Elvik, R. og Sørensen, M. W. J. (2011) *Trafikksikkerhetsvirkninger av tiltak*. (TØI-rapport 1157/2011). Oslo: Transportøkonomisk institutt. Tilgjengeleg frå: <https://www.toi.no/getfile.php?mmfileid=18417> (Henta: 08.10.18).
- Høyе, A. et al. (2012) *Trafikksikkerheshåndboken*. 4. utg. Oslo: Transportøkonomisk institutt.
- Høyе, A., Sørensen, M. W. J. og De Jong, T. (2015) *Separate sykkelanlegg i by: Effekter på sikkerhet, fremkommelighet, trygghetsfølelse og transportmiddelvalg*. (TØI-rapport 1447/2015). Oslo: Transportøkonomisk institutt. Tilgjengeleg frå: <https://www.toi.no/getfile.php?mmfileid=41832> (Henta: 02.10.18).
- Isaksson, K. og Karlsson, P. (2010) *Cykelräkningar 2009*. Stockholm: Trafikkontoret. Tilgjengeleg frå: [http://miljobarometern.stockholm.se/content/docs/tema/trafik/pm\\_cykling\\_2009.pdf](http://miljobarometern.stockholm.se/content/docs/tema/trafik/pm_cykling_2009.pdf) (Henta: 31.10.18).
- Jacobsen, P. L. (2003) Safety in numbers: more walkers and bicyclists, safer walking and bicycling, *Injury Prevention*, 9(3), s. 205. Tilgjengeleg frå: <http://injuryprevention.bmj.com/content/9/3/205.abstract> (Henta: 04.11.18).
- Jonsson, T. (2018) TS-analyses *TBA4320 Traffic Safety and Risk Evaluation*. Tilgjengeleg frå: ntnu.blackboard.com (Henta: 02.11.18).
- Jordan, G. og Leso, L. (2000) Power of the Line: Shared-Use Path Conflict Reduction, *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1705, s. 16-19. doi: <https://doi.org/10.3141/1705-03>.
- Karlsson, M. (2000) *Samband mellan cykelflöde och väderobservationer*. (VTI-rapport 904). Linköping: Statens väg- och transportforskningsinstitut. Tilgjengeleg frå: <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:673354/FULLTEXT01.pdf> (Henta: 27.11.18).

- Kummeneje, A.-M. (2017) *Risikopersepsjon og reiseatferd for gående og syklende*. Trondheim: NTNU. Tilgjengeleg frå: [https://www.vegvesen.no/attachment/2409352/binary/1277058?fast\\_title=Risikopersepsjon+og+reiseatferd+for+g%C3%A5ende+og+syklende.pdf](https://www.vegvesen.no/attachment/2409352/binary/1277058?fast_title=Risikopersepsjon+og+reiseatferd+for+g%C3%A5ende+og+syklende.pdf) (Henta: 28.09.18).
- Larsen, Ø. et al. (2011) *Kapittel 12 Vinterdrift*. Tilgjengeleg frå: <http://docplayer.me/21593976-Kapittel-12-vinterdrift.html> (Henta: 11.10.18).
- Lawson, A. R., Ghosh, B. og Pakrashi, V. (2015) Quantifying the Perceived Safety of Cyclists in Dublin, *Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Transport*, 168(4), s. 290-299. Tilgjengeleg frå: [http://www.tara.tcd.ie/bitstream/handle/2262/73412/TRAN-D-12-00010%20\(4\).pdf?sequence=1](http://www.tara.tcd.ie/bitstream/handle/2262/73412/TRAN-D-12-00010%20(4).pdf?sequence=1) (Henta: 26.11.18).
- Lin, S. et al. (2008) Comparison Study on Operating Speeds of Electric Bicycles and Bicycles: Experience from Field Investigation in Kunming, China, 2048(1), s. 52-59. doi: <https://doi.org/10.3141/2048-07>.
- Mekuria, M. C., Furth, P. G. og Nixon, H. (2012) *Low-stress bicycling and network connectivity*. San José, California: Mineta Transportation Institute Publications. Tilgjengeleg frå: [https://scholarworks.sjsu.edu/cgi/viewcontent.cgi?referer=https://scholar.google.no/&httpsredir=1&article=1073&context=mti\\_publications](https://scholarworks.sjsu.edu/cgi/viewcontent.cgi?referer=https://scholar.google.no/&httpsredir=1&article=1073&context=mti_publications) (Henta: 02.10.18).
- Minikel, E. (2012) Cyclist safety on bicycle boulevards and parallel arterial routes in Berkeley, California, *Accident Analysis & Prevention*, 45, s. 241-247. doi: <https://doi.org/10.1016/j.aap.2011.07.009>.
- Nahal, T. og Mitra, R. (2018) Facilitators and barriers to winter cycling: Case study of a downtown university in Toronto, Canada, *Journal of Transport & Health*, 10, s. 262-271. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jth.2018.05.012>.
- Niska, A. og Eriksson, J. (2013) *Statistik över cyklisters olyckor. Faktaunderlag till gemensam strategi för säker cykling*. (VTI-rapport 801). Linköping: Statens väg- och transportforskningsinstitut. Tilgjengeleg frå: <http://vti.diva-portal.org/smash/get/diva2:694821/FULLTEXT01.pdf> (Henta: 28.09.18).
- Noland, R. B. (1995) Perceived risk and modal choice: Risk compensation in transportation systems, *Accident Analysis & Prevention*, 27(4), s. 503-521. doi: [https://doi.org/10.1016/0001-4575\(94\)00087-3](https://doi.org/10.1016/0001-4575(94)00087-3).
- Pucher, J. (1997) Bicycling boom in Germany: a revival engineered by public policy, *Transportation Quarterly*, 51(4), s. 31-46. Tilgjengeleg frå: [http://www.pedbikeinfo.org/cms/downloads/BicyclingBoomInGermany\\_TQ1997.pdf](http://www.pedbikeinfo.org/cms/downloads/BicyclingBoomInGermany_TQ1997.pdf) (Henta: 04.11.18).
- Pucher, J. og Dijkstra, L. (2000) Making Walking and Cycling Safer: Lessons from Europe, *Transportation Quarterly*, 54(3). Tilgjengeleg frå: <http://www.ta.org.br/site/Banco/7manuais/VTPIpuchertq.pdf> (Henta: 04.11.18).
- Rekilä, K.-P. og Klein-Paste, A. (2016) Measuring bicycle braking friction in winter conditions, *Cold Regions Science and Technology*, 125, s. 108-116. doi: <https://doi.org/10.1016/j.coldregions.2016.02.005>.
- Schefte, C. (2016) Saltet ødelegger syklene og vinterføret, *Adresseavisen*, 08.12.16. Tilgjengeleg frå: <https://www.adressa.no/nyheter/trondheim/2016/12/08/Saltet-%C3%B8delegger-syklene-og-vinterf%C3%B8ret-13886387.ece> (Henta: 01.11.18).
- Statens vegvesen (2010) *Nullvisjonen*. Tilgjengeleg frå: <https://www.vegvesen.no/fag/fokusomrader/traffikksikkerhet/Nullvisjonen> (Henta: 06.10.18).
- Statens vegvesen (2014a) *Sykkelhåndboka, Håndbok V122*. Statens vegvesen.

- Statens vegvesen (2014b) *Standard for drift og vedlikehold av riksveger, Håndbok R610*. Statens vegvesen.
- Statens vegvesen (2018a) *Drift og vedlikehold*. Tilgjengeleg frå: <https://www.vegvesen.no/fag/veg+og+gate/drift+og+vedlikehold> (Henta: 10.10.2018).
- Statens vegvesen (2018b) *Om ulykkesstatistikk*. Tilgjengeleg frå: <https://www.vegvesen.no/fag/fokusomrader/trafikksikkerhet/Ulykkesdata/om-ulykkesstatistikk> (Henta: 03.11.18).
- Statens vegvesen (2018c) *Vinterdrift*. Tilgjengeleg frå: <https://www.vegvesen.no/fag/veg+og+gate/drift+og+vedlikehold/Vinterdrift> (Henta: 01.12.18).
- Store norske leksikon (2017) *metaanalyse*. Tilgjengeleg frå: <https://snl.no/metaanalyse> (Henta: 06.10.18).
- Sykkelbyen Nedre Glomma (2013) *Vintersykklist 2013*. (Henta: 10.12.18).
- Sørensen, M. W. J. (2013) *Drift og vedlikehold av sykkelanlegg*. Tilgjengeleg frå: <https://www.tiltak.no/b-endre-transportmiddelfordeling/b-3-tilrettelegging-sykkel/b-3-2/> (Henta: 10.10.18).
- Sørensen, M. W. J. (2018) *Regler for syklende*. Tilgjengeleg frå: <https://www.tiltak.no/b-endre-transportmiddelfordeling/b-3-tilrettelegging-sykkel/b-3-5/> (Henta: 06.10.18).
- Vegtrafikkloven (1965) *Lov om vegtrafikk*. Tilgjengeleg frå: [https://lovdata.no/dokument/NL/lov/1965-06-18-4#KAPITTEL\\_2](https://lovdata.no/dokument/NL/lov/1965-06-18-4#KAPITTEL_2) (Henta: 03.11.18).
- Wang, H., Vogt, R. og Palm, M. (2015) *Geospatial Analysis of Bicycle Network "Level of Traffic Stress", Bicycle Mode Choice Behavior, and Bicycle Crashes for Risk Factor Identification*. (TRB-report 2013-S-OSU-0035). Corvallis, Oregon: Transportation Research Board. Tilgjengeleg frå: <http://depts.washington.edu/pactrans/wp-content/uploads/2013/11/PacTrans-35-OSU-Wang1.pdf> (Henta: 06.10.18).
- Wiecek, C. (2013) *Dokumentasjonsrapport fra kampanjen Vintersykklist søkes*. Lillestrøm (Henta: 10.12.18).
- Wilkinson, W. C. et al. (1994) *Selecting Roadway Design Treatments to Accommodate Bicycles*. McLean, Virginia: U.S. Department of Transportation. Tilgjengeleg frå: <http://hdl.handle.net/1794/10427> (Henta: 03.10.18).
- Wåhlin, J. og Klein-Paste, A. (2017) A salty safety solution, *Physics World*, 30(12), s. 27-30. doi: <https://doi.org/10.1088/2058-7058/30/12/33>.
- Öberg, G. et al. (1996) *Single accidents among pedestrians and cyclists*. (VTI-rapport 799A). Linköping: Statens väg- och transportforskningsinstitut. Tilgjengeleg frå: <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:673035/FULLTEXT01.pdf> (Henta: 09.10.18).

