

Håkon Abrahamsen Nilsen

---

Stavlengde påvirker prestasjonen i  
skøyting på rulleski hos godt trente junior  
langrennsløpere

---

Masteroppgave i idrettsfysioterapi  
Seksjon for fysisk prestasjonsevne  
Norges idrettshøgskole, 2023



## Sammendrag

**Innledning:** Stavlengde (SL) i skøyting er ca. 90% av utøvers kroppshøyde. Tidligere studier har vist at SL påvirker arbeidsøkonomi og prestasjon i klassisk, mens i skøyting er de mulige fordelene mindre systematisk evaluert. Hensikten med prosjektet var å undersøke hvordan SL i skøyting påvirket langrennsprestasjon i ulike segmenter av en simulert sprintprolog på rulleski, for mannlige og kvinnelige juniorløpere.

**Metode:** Totalt 20 langrensløpere ( $17 \pm 1$  år) (9 kvinner, 11 menn) på høyt nasjonalt juniornivå, gjennomførte tre sprintprologer i en rulleski-løype (1,1 km, 2-3 min, 40 min pause), med tre ulike stavlengder (SL<sup>85%</sup>, SL<sup>90%</sup> og SL<sup>95%</sup>) i «counterbalanced» rekkefølge. Fem minutter før hver test ble det gjennomført en 40 m hurtighetstest i flatt terreng. Testløypen ble delt i fem ulike segmenter basert på løypeprofilen, hvor tider og mellomtider ble målt med radio-baserte fotoceller. Kontinuerlig hastighet og løype/høydeprofil ble målt med Global Navigation Satellite System (GNSS). Subjektiv opplevd anstrengelse (modifisert RPE 1-10), samt opplevd prestasjon av SL (5 = best, -5 = dårligst) i ulike segmenter ble registrert etter målgang.

**Resultater:** Totaltid var redusert med SL<sup>90%</sup> sammenlignet med SL<sup>85%</sup> (gj.snitt  $\pm$  95% konfidensintervall;  $2,6 \pm 0,7\%$ ,  $p < 0,01$ , effektstørrelse; ES = 0,29) og SL<sup>95%</sup> ( $1,2 \pm 0,7\%$ ,  $p = 0,01$ , ES = 0,13). I motbakke var prestasjonen forbedret med SL<sup>90%</sup> og SL<sup>95%</sup> og sammenlignet med SL<sup>85%</sup> ( $p < 0,05$ ), mens det var ingen forskjell mellom SL<sup>90%</sup> og SL<sup>95%</sup> ( $p > 0,05$ ). For menn var totaltiden forbedret med SL<sup>90%</sup> sammenlignet med SL<sup>85%</sup> ( $2,7 \pm 0,8\%$ ,  $p < 0,01$ , ES = 0,56) og SL<sup>95%</sup> ( $2,2 \pm 0,5\%$ ,  $p < 0,01$ , ES = 0,45). Kvinner forbedret totaltiden med SL<sup>90%</sup> sammenlignet med SL<sup>85%</sup> ( $2,6 \pm 0,5\%$ ,  $p < 0,01$ , ES = 0,56), mens det var ingen forskjeller mellom SL<sup>90%</sup> og SL<sup>95%</sup> ( $0,02 \pm 0,4\%$ ,  $p = 1,00$ , ES < 0,01), hvor SL<sup>95%</sup> viste en moderat økt effekt i motbakke sammenlignet med SL<sup>90%</sup> ( $3,9 \pm 2,7\%$ ,  $p = 0,23$ , ES = 0,48).

**Konklusjon:** Junior langrensløpere forbedret prestasjonen i skøyting med SL<sup>90%</sup> sammenlignet med SL<sup>85%</sup> i en 1,1 km sprintprolog på rulleski. Menn forbedret prestasjonen med SL<sup>90%</sup> sammenlignet med SL<sup>95%</sup>, mens kvinner hadde tilnærmet lik prestasjon med SL<sup>90%</sup> og SL<sup>95%</sup> med en økt effekt i motbakke favør SL<sup>95%</sup>. Valg av SL bør baseres på utøvernes nivå, kjønn og løypeprofil.

# Innholdsfortegnelse

<b>Sammendrag .....</b>	<b>3</b>
<b>Innholdsfortegnelse .....</b>	<b>4</b>
<b>Forord.....</b>	<b>6</b>
<b>1. Innledning.....</b>	<b>7</b>
1.1 Problemstilling.....	9
1.1.1 Hypotese .....	9
<b>2. Teori .....</b>	<b>10</b>
2.1 Hva bestemmer prestasjonen i langrenn.....	10
2.1.1 Energiomsetning .....	10
2.1.2 Arbeidsøkonomi.....	12
2.2 Stavlengden i skøyting .....	13
2.2.1 Effekten av stavlengde.....	14
2.3 Skøyting.....	17
2.3.1 Skøyteteknikk .....	17
2.3.2 Arbeidsøkonomi i skøyting.....	18
2.4 Oppsummering.....	20
<b>3. Metode .....</b>	<b>21</b>
3.1 Forsøkspersoner .....	21
3.2 Studiedesign .....	21
3.3 Testbeskrivelser.....	22
3.3.1 Pilotprosjekt .....	22
3.3.2 Klargjøring av testløype og forsøkspersoner .....	22
3.3.3 Testprosedyrer og testprotokoll .....	23
3.4 Utstyr.....	25

3.5	Behandling av data.....	25
3.6	Statistikk .....	26
<b>4.</b>	<b>Resultat.....</b>	<b>28</b>
4.1	Tidsanalyser.....	28
4.1.1	Sprintprolog 1,1 km skøyting .....	28
4.1.2	Hurtighet 40 m skøyting .....	31
4.2	Subjektive mål.....	31
4.2.1	Opplevd anstrengelse .....	31
4.2.2	Opplevelse av stavlengde.....	33
4.3	Hjertefrekvens.....	33
<b>5.</b>	<b>Diskusjon.....</b>	<b>34</b>
5.1	Effekten av stavlengde i skøyting.....	34
5.1.1	Sprintprolog 1,1 km .....	34
5.1.2	Startfasen i sprintprolog og 40 m hurtighetstest .....	37
5.1.3	Subjektive mål og hjertefrekvens.....	37
5.2	Metodiske betraktninger .....	38
5.3	Praktisk implikasjon.....	39
<b>6.</b>	<b>Konklusjon .....</b>	<b>40</b>
	<b>Referanseliste.....</b>	<b>41</b>
	<b>Tabelloversikt .....</b>	<b>47</b>
	<b>Figuroversikt .....</b>	<b>48</b>
	<b>Forkortelser .....</b>	<b>50</b>
	<b>Vedlegg .....</b>	<b>51</b>

## Forord

I skrivende stund går mine to år på Norges idrettshøgskole mot slutten. Dette har ikke vært et soloprojekt, men flere personer har bidratt for å få oppgaven ferdigstilt.

Aller først vil jeg takke min veileder Thomas Losnegard, som alltid har vært tilgjengelig og gitt konstruktive tilbakemeldinger - det har jeg satt stor pris på. Videre vil jeg takke Magne Lund-Hansen for opplæring av testutstyr og hjelp under og etter datainnsamlingen. Må også takke Even Dahlen Granrud og trenere for hjelp under datainnsamlingen, samt Jan Kochbach for hjelp med systematisering og analysering av dataene.

Avslutningsvis må jeg også takke forsøkspersonene som var med i prosjektet, samt til trenerne for et strålende samarbeid. Uten dere hadde det ikke blitt noen oppgave.

*Håkon Abrahamsen Nilsen*

Oslo, juni 2023

# 1. Innledning

Langrenn har vært en olympisk gren siden de første vinterlekene i Chamonix, Frankrike i 1924. Siden den gang har det vært en enorm utvikling i langrennssporten. Gjennom forbedret utstyr og løypepreparering, samt utvikling av skiteknikk og mer effektiv trening, har konkurransehastigheten tilnærmet doblet seg de siste 50 årene (Pellegrini et al., 2018; Sandbakk & Holmberg, 2017). I tillegg har nye konkurranseformer som fellesstarter og sprint blitt en majoritet av konkurranseprogrammet, noe som stiller krav til utøvernes evne til oppnåelse-, endring- og vedlikehold av høy hastighet under konkurranser (Sandbakk & Holmberg, 2014). I langrenn konkurreres det i stilartene klassisk og fristil (skøyting), som igjen har ulike delteknikker (Nilsson et al., 2004). For å skape fremdrift må utøverne generere kraft gjennom ski og staver mot underlaget (Holmberg, 2015). Egenskapene til skiene og stavene er dermed avgjørende for effektiviteten til de fleste skiteknikker (Losnegard et al., 2017; Onasch et al., 2017; Torvik et al., 2019). I stilarten skøyting har konkurransehastigheten økt bemerkelsesverdig siden teknikken ble introdusert på 1980-tallet, mye på grunn av spesialdesignet ski for maksimal glid, samt lengre og stivere staver (Holmberg, 2015).

Langrenn er en av de mest krevende utholdenhetsidrettene som involverer både under- og overekstremiteten av ulik intensitet og varighet, i varierende terreng (Holmberg, 2015; Sandbakk & Holmberg, 2017). Maksimalt oksygenopptak ( $VO_{2\text{maks}}$ ) har endret seg lite gjennom årene, mens muskelstyrke og muskulær utholdenhet i overekstremiteten har sannsynligvis forbedret seg drastisk for langrennsløpere de siste tiårene (Sandbakk & Holmberg, 2014; Stöggl et al., 2011). Flere skiløpere har eksperimentert med å bruke lengre stavlengde (SL) i klassisk i delteknikken staking. Studier har vist at lengre SL reduserte  $O_2$ -kostnad og forbedret prestasjon i staking på rulleskimølle (Carlsen et al., 2018; Losnegard et al., 2017; Losnegard et al., 2019; Onasch et al., 2017; Torvik, Persson, et al., 2021). Lengre SL har også vist bedre prestasjon i staking på snø, hvor det ble vist en høyere hastighet i motbakker med SL på 90% av utøvers kroppshøyde sammenlignet med SL på 84% av utøvers kroppshøyde (Trøen et al., 2020). SL på 90% av utøvers kroppshøyde har vist lavere topphastighet i staking (på rulleskimølle, flatt terreng) sammenlignet med SL på 84% av utøvers kroppshøyde (Losnegard et al., 2019). På en 80 m maksimal staketest på snø derimot, hadde SL på 88% av utøvers kroppshøyde raskest tid sammenlignet med SL på 84%- og 80% av utøvers kroppshøyde, hvor den største

differansen var i akselerasjonsfasen de første 20 m (Hansen & Losnegard, 2010). Utviklingen og bruken av staketeknikken har skapt reaksjoner, og i 2016 vedtok FIS (2021) regelendringer på SL i klassisk teknikk, som maksimalt kan være 83% av utøvers kroppshøyde (målt med skisko, fra øverste del av håndreim/stropp til nederste del av stavens pigg). I 2018 ble det i tillegg vedtatt nye regler om stakefrie soner i klassiske skirenn. I skøyting er imidlertid maksimal SL 100% av utøvers kroppshøyde (tilsvarende mål av SL som i klassisk) (FIS, 2021), og de mulige fordelene med bruk av lengre staver er ikke systematisk evaluert. En nyere studie viste at elitelangrensløpere (87 menn og 36 kvinner) brukte skøytestaver som var rundt 90% av utøvers kroppshøyde, målt fra øverste del av håndreim/stropp til nederste del av stavens pigg, som var tilsvarende anbefalingene av stavindustrien (Torvik, van den Tillaar & Sandbakk, 2021). Basert på de positive effektene som er vist med å bruke lengre SL i staking, er det nærliggende å tro at det kan ha overføringsverdi til skøyting, og da særlig dobbeldans, siden teknikkene ligner på hverandre i muskelbruk, biomekanikk (senkning av tyngdepunkt i hvert stavtak) og anvendelsesområde (Myklebust et al., 2014).

Det er tilsynelatende få studier som har undersøkt effekten av ulik SL i skøyting. En studie av Torvik et al. (2019) viste at lengre SL (7,5 cm lengre enn normal SL) i skøyting på rullskimølle, ga bedre arbeidsøkonomi i delteknikken dobbeldans sammenlignet med normal SL i oppoverbakker og flatt terreng i høy fart. Siden konkurransehastigheten er høy (Sandbakk & Holmberg, 2017) og omtrent halvparten av konkurransetiden brukes i motbakker (Andersson et al., 2010; Bolger et al., 2015; Sandbakk et al., 2011; Shang et al., 2022), er dette av spesiell interesse - som er relevant for langrennskonkurranser. Det er tilsynelatende få studier som er gjennomført utendørs, de fleste er gjennomført på en innendørs lab, noe som ikke nødvendigvis har tilstrekkelig overføringsverdi til konkurranser. Torvik, van den Tillaar, Bostad, et al. (2021) fulgte opp med en studie om SL i skøyting på snø hos 9 kvinnelige utøvere, i en simulert konkurranseløype på 5 km. Studien viste at utøverne forbedret prestasjonen ved å bruke 7,5 cm lengre staver (94% av utøvers kroppshøyde) i startfasen av løpet (første 200 m) og i motbakkedelen av løypa, sammenlignet med normal SL (89% av utøvers kroppshøyde). I tillegg viste studien at delteknikken dobbeldans ble brukt mest ved å bruke 7,5 cm lengre SL. Det er imidlertid ikke undersøkt om ulik SL i skøyting, både lavere- og høyere SL, påvirker prestasjonen i ulike løpssegment i en konkurransespesifikk sprintløype for både kvinner og menn. Det er heller ikke undersøkt om ulik SL påvirker hurtigheten i skøyting.



Formålet med dette prosjektet var å undersøke hvordan SL i skøyting påvirket langrennsprestasjonen i ulike segmenter av en simulert sprintprolog på rulleski, for både menn og kvinner. På bakgrunn av dette er følgende problemstilling formulert:

## **1.1 Problemstilling**

*«Hvilken effekt har SL på 85 %-, 90 %- og 95 % av utøvers kroppshøyde på prestasjonen i rulleski skøyting, i ulike segmenter av en 1,1 km sprintprolog, hos mannlige og kvinnelige juniorlangrennsløpere på høyt nivå?»*

### **1.1.1 Hypotese**

- H0: Det er ingen forskjell i prestasjonen i rulleski skøyting, i ulike segmenter av en 1,1 km sprintprolog, basert på SL.
- H1: Lang SL ( $SL^{95\%}$ ) vil føre til en forbedret prestasjon i skøyting på rulleski sammenlignet med kortere SL ( $SL^{90\%}$  og  $SL^{85\%}$ ), og forskjellen vil være størst i motbakker og minst i flatt terreng.

## 2. Teori

### 2.1 Hva bestemmer prestasjonen i langrenn

Langrenn er en typisk utholdenhetsidrett hvor målet er å ha høyest mulig gjennomsnittshastighet over en gitt distanse (Losnegard, 2019). Dette blir primært bestemt av utøverens totale energiomsetning og arbeidsøkonomi (di Prampero, 2003):

$$\text{Hastighet (m} \cdot \text{s}^{-1}\text{)} = \frac{\text{Energiomsetning (J} \cdot \text{s}^{-1}\text{)}}{\text{Arbeidsøkonomi (J} \cdot \text{m}^{-1}\text{)}}$$

Energiomsetningen bestemmes av 1) det maksimale oksygenopptaket ( $\text{VO}_{2\text{maks}}$ ), 2) evnen til å utnytte  $\text{VO}_{2\text{maks}}$  (utnyttelsesgrad) og 3) anaerob energiomsetning (Bassett & Howley, 2000; di Prampero, 2003). Økt energiomsetning og/eller arbeidsøkonomi vil øke hastigheten og dermed forbedre prestasjonen (Losnegard, 2019).

#### 2.1.1 Energiomsetning

Konkurransedisiplinene i langrenn er hovedsakelig sprint- og distanselangrenn. Sprintlangrenn har distanser på 1,0–1,8 km for både junior- (16-20 år) og seniorløpere (> 20 år), mens distanselangrenn har distanser opptil 20 km for juniorløpere og 50 km for seniorløpere, både for menn og kvinner (FIS, 2021). Konkurransetiden i Junior-VM 2023 varierte fra ~3 minutter i sprint (tabell 2.1) til ~60 minutter på 20 km (FIS, 2023), mens seniorløpere hadde konkurransetid på ~3 minutter i sprint (tabell 2.2) til ~2 timer på 50 km. *Aerob energiomsetning* står for 70-75 % i sprint og 85-95 % av total energiomsetning på lengre distanser (Losnegard, 2019; Sandbakk & Holmberg, 2017).  $\text{VO}_{2\text{maks}}$  setter en øvre grense for aerob energiomsetning (Bassett & Howley, 2000), som er en av de viktigste faktorene for prestasjon i langrenn (Losnegard & Hallén, 2014). Utøvernes evne til å utnytte  $\text{VO}_{2\text{maks}}$  over en gitt periode, kalles utnyttelsesgrad (Bassett & Howley, 2000). Disse to faktorene,  $\text{VO}_{2\text{maks}}$  og utnyttelsesgrad, har innvirkning på utøvernes totale aerobe kapasitet (Frøyd et al., 2015). I perioder under skirenn hvor intensiteten økes, eksempelvis i motbakker, overstiger energiomsetningen eliteutøvere sin  $\text{VO}_{2\text{maks}}$  (Gløersen et al., 2020; Karlsson et al., 2018), og energien må da bli dekket av et betydelig bidrag av *anaerob energiomsetning* (Gløersen et al., 2020). Flere studier har vist bidrag av anaerob energiomsetning i langrenn, både i sprint (Andersson et al., 2017; Losnegard et al., 2012a; Sandbakk et al., 2011) og på lengre distanser (Gløersen et al., 2020; Karlsson et al., 2018).

Evnen til å opprettholde raske endringer i energiomsetning under konkurranse, er en viktig faktor for å prestere på høyt nivå (Losnegard, 2019). Sprintlangrenn har ~11-17 % høyere gjennomsnittshastighet sammenlignet med distanselangrenn (Losnegard, 2019), og har et større behov for anaerob energiomsetning, hvorav ~25 % av energiomsetningen er anaerob (Losnegard, 2019). Sprintlangrenn består av en sprintprolog, hvor de 30 beste utøverne kvalifiserer seg til finaleheatene (kvartfinale-semifinale-finale) (FIS, 2021). Her stilles det krav til utøvernes evne til å akselerere raskt underveis og/eller i en sluttspurt (Losnegard, 2019). Av prologtider for mannlige og kvinnelige juniorer (som gikk samme distanse) i Norgescup junior og verdensmesterskap junior i 2022/23 (FIS, 2023), hadde menn i gjennomsnitt 12,8% raskere prologtid sammenlignet med kvinner (tabell 2.1).

**Tabell 2.1:** Prologtider i sprint (gj.snitt tre beste prologtider per kjønn/klasse) i Norgescup junior (NC jr.) og verdensmesterskap junior (VM jr.), samt tidsdifferanse for kjønn, for sesongen 2022/23. ♂ = menn, ♀ = kvinner. Hentet fra FIS (2023).

Sted	Stilart	Distanse (m)	Tid ♂ (min:sek)	Tid ♀ (min:sek)	Diff kjønn (min:sek)	Diff kjønn (%)
Voss (NC jr.)	SK	1290	02:23,4	02:42,0	00:18,6	13,0
Whistler (VM jr.)	KL	1588	02:48,3	03:12,7	00:24,4	12,7
<b>Gj.snitt</b>		<b>1274</b>	<b>02:35,8</b>	<b>02:57,3</b>	<b>00:21,5</b>	<b>12,8</b>

Note: KL = Klassisk. SK = Skøyting.

Av prologtider for mannlige og kvinnelige seniorer (som gikk samme distanse) i verdenscup og verdensmesterskap i 2022/23 (FIS, 2023), hadde menn i gjennomsnitt 15,3% raskere prologtid i klassisk, samt 14,8% raskere prologtid i skøyting sammenlignet med kvinner (tabell 2.2).

**Tabell 2.2:** Prologtider i sprint (gj.snitt tre beste prologtider per kjønn) i verdenscup og verdensmesterskap (VM) senior, samt tidsdifferanse fra nr.30 til nr. 1 og tidsdifferanse for kjønn, for sesongen 2022/23. ♂ = menn, ♀ = kvinner. Hentet fra FIS (2023).

Sted	Stilart	Distanse (m)	Tid ♂ (min:sek)	Diff ♂ nr. 30-1 (sek)	Tid ♀ (min:sek)	Diff ♀ nr. 30-1 (sek)	Diff kjønn (min:sek)	Diff kjønn (%)
Ruka	KL	1367	02:26,9	+ 6,1	02:49,3	+ 7,5	00:22,5	15,3
Lillehammer	SK	1588	02:50,7	+ 7,2	03:16,6	+ 8,0	00:25,9	15,2

Beito- stølen	KL	1312	02:37,8	+ 4,9	03:01,5	+ 10,3	00:23,7	15,0
Davos	SK	1500	02:17,3	+ 6,1	02:38,4	+ 11,9	00:21,0	15,3
Val Mustair	SK	1530	02:54,9	+ 9,7	03:24,2	+ 9,9	00:29,3	16,8
Val de Fiemme	KL	1270	02:39,6	+ 10,7	03:03,5	+ 11,2	00:23,9	15,0
Livigno	SK	1200	02:23,2	+ 8,2	02:47,5	+ 18,1	00:24,3	17,0
Les Rousses	KL	1327	02:36,5	+ 7,4	03:00,8	+ 13,3	00:24,3	15,5
Toblach	SK	1362	02:29,5	+ 6,4	02:50,2	+ 11,5	00:20,7	13,9
Planica (VM)	KL	1447	02:57,1	+ 12,3	03:24,0	+ 15,9	00:27,0	15,2
Drammen	KL	1200	02:31,7	+ 8,6	02:56,7	+ 11,5	00:25,0	16,5
Falun	SK	1408	02:31,9	+ 8,9	02:54,6	+ 16,3	00:22,7	14,9
Talinn	SK	1376	02:16,3	+ 6,6	02:30,5	+ 13,5	00:14,2	10,4
Lahti	KL	1328	02:43,8	+ 7,3	03:08,0	+ 10,6	00:24,2	14,8
<b>Gj.snitt</b>	<b>KL</b>	<b>1322</b>	<b>02:39,1</b>	<b>+ 8,2</b>	<b>03:03,4</b>	<b>+ 11,5</b>	<b>00:24,4</b>	<b>15,3</b>
	<b>SK</b>	<b>1424</b>	<b>02:32,0</b>	<b>+ 7,6</b>	<b>02:54,6</b>	<b>+ 12,7</b>	<b>00:22,6</b>	<b>14,8</b>

Note: KL = Klassisk. SK = Skøyting. Diff = Differanse.

## 2.1.2 Arbeidsøkonomi

Til tross for at to langrensløpere kan ha samme forutsetninger for energiomsetning ( $VO_{2maks}$ , utnyttelsesgrad og anaerob energiomsetning), kan de likevel ha ulik prestasjonsevne, noe som kan forklares med ulik *arbeidsøkonomi* (Sandbakk et al., 2010). Arbeidsøkonomi er mengden energi brukt på et gitt arbeid (Bassett & Howley, 2000), og blir beregnet på ulike metoder. *Gross efficiency* (GE) beregnes som det prosentvise forholdet mellom ytre arbeid og indre energiproduksjon (Sidossis et al., 1992). Arbeidsøkonomi blir ofte beregnet som *O<sub>2</sub>-kostnad* for en gitt hastighet, belastning eller distanse, som måles av oksygenopptaket under «stabile forhold» (steady-state- $VO_2$ ) på submaksimal belastning (Bassett & Howley, 2000; Moseley & Jeukendrup, 2001; Saunders et al., 2004).

### 2.1.2.1 Indre- og ytre faktorer

I langrenn er det både indre- og ytre faktorer som påvirker arbeidsøkonomien. *Indre faktorer* kan være kroppsmasse, kroppshøyde og muskelfibertyper, mens *ytre faktorer* kan være vind- og føreforhold, terreng og utstyr (Losnegard et al., 2014; Sandbakk et al.,

2010). Utøverens utstyr, derav ski, smøring, sko og staver, blir stadig optimalisert for å øke prestasjonen. Siden det blir generert framdriftsskapende krefter gjennom staver i langrenn, vil stavenes egenskaper, derav SL, være en sentral faktor for arbeidsøkonomi og prestasjon. Flere har eksperimentert med å bruke lengre SL i klassisk og staking, noe som har vist positive effekter – spesielt i motbakker (Carlsen et al., 2018; Torvik, Persson, et al., 2021; Trøen et al., 2020). Siden løypetraséen i verdenscuprenn består av 1/3 motbakker (FIS, 2021), og 36-61% av konkurransetiden er i motbakke (Andersson et al., 2010; Bolger et al., 2015; Sandbakk et al., 2011; Shang et al., 2022), er dette av spesiell betydning – hvor flere studier viser at tid i motbakke er en bestemmende faktor for langrennsprestasjon (Andersson et al., 2010; Gløersen et al., 2020; Karlsson et al., 2018; Shang et al., 2022). Bruken av lengre SL i staking skapte imidlertid reaksjoner, og FIS (2021) vedtok i 2016 om regelendringer om SL i klassisk teknikk, som maksimalt kan være 83% av utøvers kroppshøyde (målt med skisko på flatt underlag, SL målt fra øverste del av håndreim/stropp til nederste del av stavens pigg). Det er tilsynelatende gjort færre studier i skøyting, til tross for at utøvere kan bruke SL opptil 100% av kroppshøyden (FIS, 2021).

## **2.2 Stavlengden i skøyting**

Ifølge reglementet av FIS (2021) skal maksimal SL i skøyting være 100% av utøvers kroppshøyde. Måling av SL er tilsvarende som i klassisk. Elitelangrennsløpere (87 menn og 36 kvinner) rapporterte at de brukte skøyttestaver rundt 90% av utøvers kroppshøyde, som var lik anbefalingene av stavindustrien (Torvik, van den Tillaar & Sandbakk, 2021). Nyere karbonstaver er lettere og stivere med bedre pendel sammenlignet med tidligere aluminiumstaver (Pellegrini et al., 2018). I klassisk har flere studier vist positive effekter på arbeidsøkonomi og prestasjon ved å bruke lengre SL i staking, både på rulleskimølle og snø (Carlsen et al., 2018; Hansen & Losnegard, 2010; Losnegard et al., 2017; Losnegard et al., 2019; Onasch et al., 2017; Torvik, Persson, et al., 2021; Trøen et al., 2020). SL i skøyting er derimot ikke systematisk evaluert. Siden staking og dobbeldans ligner på hverandre biomekanisk med senkning av tyngdepunkt i hvert stavgang, samt lignende muskelbruk og anvendelsesområde (Myklebust et al., 2014), er det forenelig å tro at de samme tendensene kan forekomme i skøyting også.

## 2.2.1 Effekten av stavlengde

**Tabell 2.3:** Oversikt over studier som har undersøkt effekten av SL i skøyting (SK) og klassisk/staking (KL/Stak) på snø og rulleskimølle. ♂ = menn, ♀ = kvinner. SL = stavlengde % av utøvers kroppshøyde.

Studie	n ♂/♀	Stilart/ Underlag	Terreng	Variabel	Stavlengde	Endring
Torvik et al. (2019)	10 / 0	SK / RM	7, 9 og 11% (10 km/t) + 4 % (14, 17 og 20 km/t)	Arbeidsøkonomi	SL <sup>90%</sup> vs SL <sup>94%</sup>	↓ O <sub>2</sub> -kostnad bratt stigning favør SL <sup>94%</sup> . ↑ GE bratt stigning og høy hastighet favør SL <sup>94%</sup>
Torvik, van den Tillaar, Bostad, et al. (2021)	0 / 9	SK / Snø	Variert, konk. løype	Prestasjon 5,2 km	SL <sup>89%</sup> vs SL <sup>94%</sup>	↑ Prestasjon favør SL <sup>94%</sup>
Trøen et al. (2020)	14 / 7	KL / Snø	Variert, konk. løype	Prestasjon 700 m	SL <sup>84%</sup> vs SL <sup>90%</sup>	↑ Prestasjon favør SL <sup>90%</sup>
Hansen og Losnegard (2010)	8 / 0	Stak / Snø	Flatt	Prestasjon 80 m	SL <sup>80%</sup> vs SL <sup>84%</sup> vs SL <sup>88%</sup>	↑ Prestasjon favør SL <sup>88%</sup>
Losnegard et al. (2019)	7 / 4	Stak / RM	1 %	Arbeidsøkonomi og topphastighet	SL <sup>84%</sup> vs SL <sup>90%</sup>	↓ O <sub>2</sub> -kostnad favør SL <sup>90%</sup> . ↑ Topphastighet favør SL <sup>84%</sup>
Carlsen et al. (2018)	13 / 0	Stak / RM	1,7 og 4,5 %	Arbeidsøkonomi og kinematikk	SL <sup>84%</sup> vs SL <sup>82%</sup> vs SL <sup>87%</sup> vs SL <sup>90%</sup>	↓ O <sub>2</sub> -kostnad favør SL <sup>90%</sup>
Losnegard et al. (2017)	9 / 0	Stak / RM	2,5 %	Arbeidsøkonomi og prestasjon (1000 m)	SL <sup>84%</sup> vs SL <sup>88%</sup>	↓ O <sub>2</sub> -kostnad favør SL <sup>88%</sup> . ↑ Prestasjon favør SL <sup>88%</sup>
Onasch et al. (2017)	7 / 0	Stak / RM	2 %	Arbeidsøkonomi og kinematikk	SL <sup>77%</sup> til SL <sup>98%</sup>	↓ O <sub>2</sub> -kostnad favør lengre staver
Torvik, Persson, et al. (2021)	8 / 0	KL / RM	≥ 7 %, økning 1 % hvert min	Arbeidsøkonomi	SL <sup>83%</sup> vs SL <sup>80%</sup> vs SL <sup>88%</sup>	↓ O <sub>2</sub> -kostnad favør SL <sup>88%</sup>

Note: SK = Skøyting. KL = Klassisk. Stak = Staking. RM = Rulleskimølle. Konk = Konkurransen. GE = Gross efficiency.

Det er tilsynelatende få studier som har undersøkt effekten av SL i skøyting. Torvik et al. (2019) undersøkte effekten av SL på fysiologiske og perseptuelle responser i

dobbeldans skøyting på rulleski. Totalt 10 mannlige juniorlangrennsløpere og skiskyttere (konkurrerende i norgescup) gjennomførte to tester på rulleskimølle, hver test med tre ulike submaksimale belastninger, med to ulike SL; 1) Normal SL (SL<sup>90%</sup>) og 2) lang SL (SL<sup>94%</sup>). På den første testen var hastigheten konstant på 10 km/t, hvor utøverne gjennomførte to intervaller på 5 minutter på ulik stigning (7, 9 og 11%). På den andre testen var stigningen konstant på 4% stigning på ulik hastighet (14, 17 og 20 km/t). Studien viste at SL<sup>94%</sup> hadde signifikant bedre effekt i form av mindre O<sub>2</sub>-kostnad og høyere GE i dobbeldans, sammenlignet med SL<sup>90%</sup> på de to høyeste submaksimale belastningene (bratt motbakke og flatt i høy fart). Opplevd anstrengelse (RPE) var lik mellom SL. Det ble også vist en økt knevinkel i laveste posisjon med SL<sup>94%</sup> sammenlignet med SL<sup>90%</sup> på de to høyeste submaksimale belastningene, mens stavkinematikk (sykluslengde, -tid og -frekvens) var lik. Studien konkluderte at lengre SL kunne forbedre arbeidsøkonomien. Imidlertid var denne studien gjennomført på rulleskimølle på submaksimale belastninger, der bevegelsen er rett fram hvor utøveren ikke trenger å ta høyde for svinger, løypeprofil, hastighet og luftmotstand, noe som ikke nødvendigvis har overføringsverdi til konkurranser. I tillegg var det manglende data for kvinnelige utøvere, som potensielt kan ha en ulik effekt siden kvinner har mindre muskelmasse og hastighet sammenlignet med menn (Sandbakk & Holmberg, 2017).

Torvik, van den Tillaar, Bostad, et al. (2021) fulgte opp med en cross-over studie, som var den første som undersøkte effekten av SL på prestasjon og teknikkvalg i en simulert langrennskonkurranse i skøyting på snø. Totalt 9 kvinnelige langrennsløpere og skiskyttere (konkurrerende nasjonalt/internasjonalt) gjennomførte to tester i en 5 km løype med to ulike SL; 1) Normal SL (SL<sup>89%</sup>) og 2) lang SL (SL<sup>94%</sup>). Utøverne hadde 4,5 timer restitusjon mellom testene. Tid og hastighet ble målt med GPS, som ble delt inn 5 segmenter for hver kilometer. Registering av skøyteteknikk ble selvrapportert etter hver test. Studien viste en signifikant forbedret prestasjon i totaltid med SL<sup>94%</sup> sammenlignet med SL<sup>89%</sup> (7,1 sekund differanse), hvor forskjellen ble funnet i startfasen (første 200 m) og motbakkedelen av løypa. Delteknikken dobbeltans ble rapportert mest ved bruk av SL<sup>94%</sup>. Opplevd anstrengelse (RPE) var lavere ved bruk av SL<sup>94%</sup> sammenlignet med SL<sup>89%</sup>, mens hjerterefrekvens og laktat var uendret mellom testene. Studien konkluderte at kvinnelige langrennsløpere kunne forbedre prestasjonen i skøyting ved å bruke lengre SL sammenlignet med normal SL. Denne studien ga en oversikt over stavlengdens effekt i en simulert 5 km konkurranse i skøyting, men siden segmentene var satt hver km, var det

varierende terreng innad i hvert segment. En mer detaljert analyse av ulike løpssegment i en sprintløype er fortsatt ikke gjort i skøyting for begge kjønn, hvor både lavere- og høyere SL blir sammenlignet med normal SL.

Som tabell 2.3 viser, er det få studier som har undersøkt effekten av SL i skøyting, men overvekt av studier i klassisk eller staking som er gjennomført i en innendørs lab. Av studiene som er gjennomført på rulleskimølle i staking, viser samtlige en signifikant forbedret arbeidsøkonomi i form av redusert O<sub>2</sub>-kostnad ved bruk av lengre SL sammenlignet med normal SL (Carlsen et al., 2018; Losnegard et al., 2017; Losnegard et al., 2019; Onasch et al., 2017; Torvik, Persson, et al., 2021). Av samtlige studier i begge stilarter, er kun tre gjennomført utendørs i felt (tabell 2.3). En av disse er av Trøen et al. (2020) - som undersøkte om lang SL (SL<sup>90%</sup>) sammenlignet med normal SL (SL<sup>84%</sup>), påvirket prestasjonen i en 700 m test i kupert terreng på snø i klassisk teknikk. Totalt 21 langrennsløpere (ranket som topp 30 i norgescup), 7 kvinner og 14 menn, gjennomførte fire tester med to ulike SL i «counterbalanced» rekkefølge, med 20 minutter pause mellom hver test. I test 1 og 2 var kun staking tillatt, mens test 3 og 4 brukte de selvvalgt klassiskteknikk. Tid og hastighet ble målt via Global Navigation Satellite System (GNSS), hvor løypa ble delt inn i ulike segmenter basert på løypeprofil. Studien viste at SL<sup>90%</sup> hadde en signifikant forbedret prestasjon i staking på snø sammenlignet med SL<sup>84%</sup> i totaltid (gj.snitt ± 95% konfidensintervall; 1,6 ± 1,0%), hvor det ble vist en signifikant høyere hastighet i motbakke (3,7 ± 2,1%) med størst forskjell hos kvinner (5,6 ± 2,9%). I flatt terreng ved høyere hastigheter, ble hastigheten derimot redusert med SL<sup>90%</sup> sammenlignet med SL<sup>84%</sup> hos menn (-1,5 ± 1,4%). Studien konkluderte med at SL<sup>90%</sup> forbedret prestasjonen i staking sammenlignet med SL<sup>84%</sup> i motbakker når hastigheten er lav, men ble redusert i flatt terreng ved høyere hastigheter. Det er imidlertid ikke undersøkt om det er samme tendens til kjønnsforskjeller i utendørs skøyting som i staking.

En annen studie av Hansen og Losnegard (2010) undersøkte om lavere (SL<sup>80%</sup>) eller lengre (SL<sup>88%</sup>) SL påvirket prestasjonen på en 80 m maksimal staktetest på snø sammenlignet med utøvernes normale SL (SL<sup>84%</sup>). Totalt 8 mannlige elitelangrennsløpere gjennomførte tre tester per SL, med 4 minutter pause mellom hver test. Tidene ble målt via fotoceller. Studien viste at SL<sup>88%</sup> hadde en signifikant forbedret prestasjon sammenlignet med SL<sup>84%</sup> (gj.snitt ± std.avvik; 0,9 ± 0,7%) og SL<sup>80%</sup> (1,2 ± 1,0%), hvor den største differansen var i akselerasjonsfasen de første 20 m. Det var imidlertid ingen

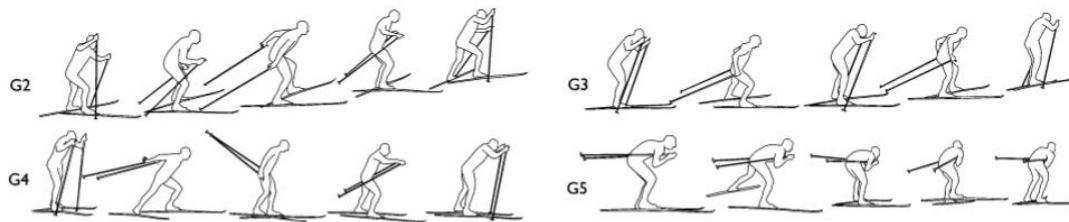


kvinnelige utøvere i studien, som potensielt har ulik effekt grunnet mindre muskelmasse og hastighet sammenlignet med menn (Sandbakk & Holmberg, 2017). En studie av Losnegard et al. (2019) viste derimot at normal SL (SL<sup>84%</sup>) hadde høyere topphastighet sammenlignet med lang SL (SL<sup>90%</sup>) i staking på rulleskimølle for begge kjønn. Det er tilsynelatende ingen studier som har undersøkt om SL påvirker hurtigheten i skøyting.

## 2.3 Skøyting

### 2.3.1 Skøyteteknikk

Skøyteteknikken består hovedsakelig av fire delteknikker, som blir omtalt som et girsystem (G2-G5; figur 2.1), og blir valgt i henhold til hastighet, terreng, snøforhold og utøvers kapasitet (Losnegard et al., 2012a, 2012b; Nilsson et al., 2004). I tillegg innehar skøyteteknikken utfor- og svingteknikk (Andersson et al., 2010). I konkurranser, både i sprint og på lengre distanser, blir det anslått at utøvere skifter delteknikk omtrent 25 ganger per kilometer (Andersson et al., 2010; Losnegard, 2019; Sandbakk & Holmberg, 2014).



**Figur 2.1:** Illustrasjon av en syklus av skøyteteknikkene: padling (G2), dobbeldans (G3), enkeldans (G4) og friskøyting (G5). Figuren er hentet fra Andersson et al. (2010).

Padling (G2) er egnet for lavere hastigheter, og blir ofte brukt i motbakker. Teknikken kjennetegnes med et asymmetrisk stavgang på hvert andre benskyv (Andersson et al., 2010; Nilsson et al., 2004; Smith et al., 2009). Dobbeldans (G3) er egnet for flatt terreng og slake motbakker, men brukes også i brattere motbakker (Losnegard et al., 2012b; Stöggl et al., 2010). Teknikken kjennetegnes med at utøver gjennomfører stavgang i hvert skyv (to stavgang per syklus) (Losnegard et al., 2012a; Nilsson et al., 2004). Enkeldans (G4) er egnet for flatt/lett terreng og slake nedoverbakker, hvor hastigheten er høyere. Teknikken kjennetegnes med at stavene treffer underlaget hvert andre skyv, hvor stavgangen utføres på hengsidens glidfase (Andersson et al., 2017; Nilsson et al., 2004). Friskøyting (G5) er

egnet for høy hastighet, og er ofte brukt i slak nedover/nedoverbakke. Teknikken kjennetegnes med aktive beinskyv uten stavbruk (Andersson et al., 2010).

### 2.3.2 Arbeidsøkonomi i skøyting

Arbeidsøkonomien varierer intraindividuell og blir påvirket av bevegelsesform, belastning og individuelle forskjeller som muskelfibertypesammensetning, kontraksjonshastighet/effektivitet og samspill mellom muskler (Joyner & Coyle, 2008; Saunders et al., 2004). Delteknikkene i skøyting har ulikt bevegelsesmønster som blir brukt i ulikt terreng avhengig av hastighet, men kan også bli valgt av individuelle preferanser (Myklebust et al., 2014). Teknikkvalget kan ha stor innvirkning på arbeidsøkonomi og prestasjon (Andersson et al., 2010; Kvamme et al., 2005; Sandbakk et al., 2011).

En systematisk review av Hébert-Losier et al. (2017) identifiserte faktorer knyttet til prestasjonen i langrennssprint hos eliteutøvere. Studien viste blant annet at hastigheten utøverne skapte, var en optimalisering av *sykluslengde -og frekvens*. Flere studier viser at syklusfrekvensen øker ved økende hastighet i skøyting (Nilsson et al., 2004; Stöggl & Holmberg, 2015; Stöggl et al., 2011), mens sykluslengden flater ut og blir redusert ved maksimale hastigheter (Stöggl & Müller, 2009). En studie av Sandbakk et al. (2010) viste derimot at internasjonale eliteutøvere i sprint hadde lavere syklusfrekvens og lengre sykluslengde i dobbeldans skøyting (på rullskimølle) sammenlignet med nasjonale utøvere. I tillegg hadde eliteutøverne høyere GE og større evne til å opparbeide topphastighet. De hadde med andre ord en mer effektiv framdrift i dobbeldans på en gitt hastighet. Studien diskuterte at effektiviteten i skøyting var knyttet til god og kraftfull teknikk. Sandbakk og Holmberg (2017) tar også opp viktigheten av arbeidsøkonomi, og trekker frem «timing» og krafttilpasning via over- og underekstremiteten som viktige elementer.

Tidligere studier har vist at intensiteten i skøyting er høyest i motbakker (Gløersen et al., 2020; Karlsson et al., 2018), hvor motbakkehastigheten korrelerer sterkt for prestasjonen både i sprint (Andersson et al., 2010; Sandbakk et al., 2011) og på lengre distanser (Bolger et al., 2015; Shang et al., 2022). Siden ytelse i motbakke er en bestemmende faktor for langrennsprestasjon, vil det mest rasjonelle valget være å øke hastigheten i

motbakkedelen av løypa (Karlsson et al., 2018; Shang et al., 2022). Begrunnelsen for å øke hastigheten i motbakker, kan forklares med mindre luftmotstand sammenlignet med lettere terreng som har høyere hastighet (Karlsson et al., 2018; Losnegard, 2019).

**Tabell 2.4:** Oversikt over studier som viser tid i motbakke og bruk av delteknikk i konkurranser, henholdsvis i skøyting, i sprint og på lengre distanser for unge -og seniorutøvere.

Studie	n ♂/♀	Stilart	Underlag	Distanse	Tid i motbakke	Teknikkvalg
Andersson et al. (2010)	9 / 0	SK	Snø	1425 m	46%	63 % dobbeldans, 31 % padling
Sandbakk et al. (2011)	12 / 0	SK	Snø	1820 m	36%	Dobbeldans dominerende
Bølger et al. (2015)	5 / 5	SK/ KL	Snø	15 / 10 km	~ 55%	-
Sollie et al. (2021)	19 / 0	SK	Rulleski-løype	4,3 (unge) / 13,1 km (elite)	-	~ 38 / 45 % dobbeldans, ~ 28 / 15 % padling
Shang et al. (2022)	14 / 0	SK	Snø	10 km	~ 61%	40% dobbeldans, 20% padling

Note: SK = Skøyting. KL = Klassisk.

Studier fra 1990 og tidlig 2000 tallet viste at padling hadde lavere O<sub>2</sub>-kostnad og bedre prestasjon i motbakke sammenlignet med dobbeldans (Boulay et al., 1995; Kvamme et al., 2005). En senere studie av Andersson et al. (2010), hvor 9 mannlige eliteutøvere gjennomførte en simulert sprintprolog i skøyting på snø, viste imidlertid at de beste utøverne benyttet dobbeldans mest i motbakker sammenlignet med de dårligere utøverne. Losnegard et al. (2012b) undersøkte dette nærmere, hvor 14 mannlige eliteutøvere gjennomførte tre submaksimale tester på rulleskimølle. Studien viste imidlertid ingen signifikante forskjeller i O<sub>2</sub>-kostnad mellom padling og dobbeldans i moderate til bratte motbakker. Derimot viste studien at dobbeldans hadde høyere syklusfrekvens og kortere sykluslengde i motbakker sammenlignet med padling, noe som understøttes av andre studier (Myklebust et al., 2014; Nilsson et al., 2004; Smith et al., 2009; Stöggl et al., 2010). Studier viser at dobbeldans er den mest dominerende delteknikken i skøyting (Andersson et al., 2010; Sandbakk et al., 2011). Dette understøttes i en nyere studie av Shang et al. (2022), som undersøkte prestasjonen til 14 mannlige langrennsløpere fra det kinesiske landslaget, i en simulert 10 km konkurranse på snø. Studien viste at tiden i

motbakker var den viktigste bidragsyteren til prestasjonen, hvor padling og dobbeldans var de dominerende delteknikkene.

## 2.4 Oppsummering

I langrenn genereres fremdriftsskapende krefter gjennom ski og staver (Holmberg, 2015), derfor vil stavenes egenskaper være en sentral faktor for prestasjon. Maksimal tillatt SL i skøyting er 100% utøvers kroppshøyde (FIS, 2021), mens eliteutøvere bruker SL rundt 90% av utøvers kroppshøyde (Torvik, van den Tillaar & Sandbakk, 2021), og de mulige fordelene med å bruke lengre -eller kortere SL i skøyting er imidlertid ikke systematisk evaluert. Flere studier har vist forbedret arbeidsøkonomi og prestasjon ved å bruke lang SL i staking, både på rulleskimølle og på snø (Carlsen et al., 2018; Hansen & Losnegard, 2010; Losnegard et al., 2017; Losnegard et al., 2019; Onasch et al., 2017; Torvik, Persson, et al., 2021; Trøen et al., 2020). Siden staking og dobbeldans i skøyting ligner på hverandre (Myklebust et al., 2014), er det forenelig å tro at de samme tendensene kan skje i skøyting. Det er tilsynelatende bare to studier som har undersøkt effekten av SL i skøyting (Torvik et al., 2019; Torvik, van den Tillaar, Bostad, et al., 2021). Hovedtrekkene for disse var at lang SL forbedret arbeidsøkonomien (for menn i dobbeldans på rulleskimølle) og prestasjon (for kvinner i 5 km konkurranse på snø), hvor effekten forekom i motbakker når hastigheten var lav. Siden 36-61% av konkurransetiden i skøyting blir brukt i motbakker (Andersson et al., 2010; Bolger et al., 2015; Sandbakk et al., 2011; Shang et al., 2022), og ytelsen i motbakke er en bestemmende faktor for langrennsprestasjon (Andersson et al., 2010; Gløersen et al., 2020; Karlsson et al., 2018; Shang et al., 2022), er dette av spesiell interesse. Det imidlertid ukjent om SL i skøyting har effekt i en konkurransespesifikk sprintløype for begge kjønn. Det er også ukjent om ulik SL har effekt på topphastighet i skøyting.

### 3. Metode

#### 3.1 Forsøkspersoner

Totalt 24 langrennsløpere fra Norges Toppidrettsgymnas ble rekruttert til prosjektet. Inklusjonskriteriene var å drive systematisk treningsvirksomhet, med prestasjoner innenfor de 30 til 50 beste i Norges Cup Jr. for både kvinner og menn. Av 24 inkluderte forsøkspersoner (FP) ble fire ekskludert grunnet fall, knekt stav eller andre feilmålinger, og fjernet fra analysen og presentasjonen av deskriptive data (tabell 3.1). Totalt 20 FP ble inkludert i prosjektet (11 menn og 9 kvinner). Prosjektet er gjennomført i henhold til Helsinkideklarasjonen og norsk lov. Alle FP fikk utdelt informasjonsskriv og samtykkeskjema før oppstart, hvor samtlige gav skriftlig informert samtykke til deltagelse (vedlegg I). Prosjektet ble godkjent av Norsk Senter for Forskningsdata (NSD, referansenummer: 751623) (vedlegg II) og NIHs etiske komite (søknad: 228-160622) (vedlegg III) før oppstart av prosjektet.

**Tabell 3.1:** Deskriptive data av kvinner (n=9), menn (n=11) og totalt (n=20). Data oppgitt som gj.snitt ± std.avvik.

Variabel	Kvinner (n=9)	Menn (n=11)	Totalt (n=20)
Alder (år)	17 ± 1	17 ± 1	17 ± 1
Høyde (cm)	166 ± 6	182 ± 7	175 ± 10
SL <sup>85%</sup> (cm)	141 ± 5	155 ± 6	149 ± 9
SL <sup>85%</sup> (% av høyde)	84,8 ± 0,5	85,1 ± 0,4	85,0 ± 0,5
SL <sup>90%</sup> (cm)	150 ± 5	164 ± 6	158 ± 9
SL <sup>90%</sup> (% av høyde)	90,0 ± 0,4	90,0 ± 0,4	90,0 ± 0,4
SL <sup>95%</sup> (cm)	158 ± 6	173 ± 6	166 ± 9
SL <sup>95%</sup> (% av høyde)	95,2 ± 0,4	94,8 ± 0,8	95,0 ± 0,7

Note: SL = Stavlengde

#### 3.2 Studiedesign

For å undersøke effekten av ulike SL i skøyting på rulleski, ble et «*counterbalanced*» *crossover design* benyttet hvor FP var sin egen kontroll. All datainnsamling ble gjennomført på en dag i Geilo (760 m.o.h), i september 2022, i tidsrommet kl. 08:45 til 11:00. Vær, vind og temperatur var sol, skyfritt, 12-15 °C og tilnærmet vindstille. For å vite SL til FP, innhentet trenere opplysninger om utøvernes kroppshøyde. Utøvernes SL

ble deretter regnet ut, henholdsvis 85%-, 90%- og 95% av deres kroppshøyde. Stavenes fabrikkoppgitte lengde ble benyttet, hvor stavlengden ble rundet opp til nærmeste 2,5 cm. FP gjennomførte totalt tre testløp, med tre ulike SL ( $SL^{85\%}$ ,  $SL^{90\%}$  og  $SL^{95\%}$  av utøvers kroppshøyde), i en konkurransespesifikk sprintløype på rulleski (1,1 km) med konkurransetid på 2-3 minutter. Sprintløypen ble brukt regelmessig i trening, og FP var dermed godt kjent med den. Rekkefølgen på de ulike testene ble counterbalansert, slik at rekkefølgen på SL ikke ble den samme. FP1 hadde rekkefølgen  $SL^{85\%}$  -  $SL^{90\%}$  -  $SL^{95\%}$ , FP2 hadde  $SL^{90\%}$  -  $SL^{95\%}$  -  $SL^{85\%}$ , FP3 hadde  $SL^{95\%}$  -  $SL^{85\%}$  -  $SL^{90\%}$ , FP4 hadde samme rekkefølge som FP1 osv. Før hver test ble det i tillegg gjennomført en hurtighetstest på 40 meter i flatt terreng, som var en ekstratest for prosjektet. Testløypen ble delt inn i 5 ulike segmenter basert på løypeprofilen, hvor det ble målt tider og mellomtider ved bruk av radio-baserte fotoceller. I tillegg ble en Global Navigation Satellite System (GNSS) enhet påmontert på ryggen til hver FP. Etter målgang rapporterte FP opplevd anstrengelse (modifisert Rating of Perceived Exertion (RPE; 1-10)) (Borg, 1982) og subjektiv opplevelse av hvilke SL de mente var raskest (vedlegg V) tre ulike steder i testløypen; motbakke, flatt terreng og mål. For nærmere oversikt over inndeling av segmentene (S1-S5) og plassering for rapportering av RPE og subjektiv opplevelse av SL, se figur 4.2 A.

### **3.3 Testbeskrivelser**

#### **3.3.1 Pilotprosjekt**

Pilotprosjekt på rulleski (skøyting) ble gjennomført i Holmenkollen juni 2022, hvor testutstyr- og prosedyrer ble testet. I etterkant ble det vurdert om forbedringsmuligheter på forberedelser, derav praktisk informasjon til FP dagen før, utfyllende startlister med omtrentlig starttidspunkt, samt ha tydeligere arbeidsoppgaver til prosjektmedarbeidere for bedre flyt i testingen. Vi erfarte også at testløypen burde stenges av for andre utøvere for å unngå forstyrrelser på testutstyr.

#### **3.3.2 Klargjøring av testløype og forsøkspersoner**

Dagen før test ble startliste laget, testløypen markert, testutstyr testet og stavbåser ordnet i rekkefølge fra lav til høy (cm). I tillegg ga trener praktisk informasjon om testprosedyren og testprotokoll til FP (kapittel 3.3.3). På testdagen gikk FP gjennom testløypen en gang under oppvarming, før resten ble gjennomført på et eget oppvarmingsområde for å unngå forstyrrelser på testutstyr. Grus og sand i løypa ble børstet bort. For å unngå forstyrrende

trafikk i testløypen, ble det informert om et pågående forskningsprosjekt, hvor andre personer måtte vise hensyn og ikke gå gjennom fotocellene. FP fikk utdelt optisk pulsmåler (plassert på overarm), GNSS-enhet og startnummer i forkant av oppvarmingen for å bli vant med testutstyret. GNSS-enhet ble skrudd på 20 minutter før test for å optimalisere nøyaktigheten. Ved stavbåsen lå det informasjon om hvilke stavlengder som skulle benyttes på hver test, hvor en prosjektmedarbeider hadde ansvar for å gi korrekt stavlengde til hver FP.

### **3.3.3 Testprosedyrer og testprotokoll**

FP fikk beskjed om å spise sitt vanlige kosthold når de forbereder seg til konkurranse, samt unngå hard trening, inntak av koffein og alkohol 24 timer før testtidspunkt.

#### **3.3.3.1 Oppvarming**

Standardisert oppvarming på rulleski, på til sammen 35 minutter. Først 20 minutter skøyting på lav intensitet, dvs. intensitetszone 1 basert på Olympiatoppens intensitetsskala (55-72 %  $HF_{maks}$ ), deretter 5 minutter i intensitetszone 3 (82-87 %  $HF_{maks}$ ), etterfulgt av 5 minutter i intensitetszone 1 (55-72%  $HF_{maks}$ ) (Olympiatoppen, 2022). Oppvarming ble gjennomført i en egen oppvarmingsrunde i variert terreng, med valgfri teknikktype. De siste 5 minuttene ble brukt til å gjennomføre hurtighetstester (kapittel 3.3.3.2).

#### **3.3.3.2 Tester**

##### **Hurtighetstest (40 m):**

To hurtighetstester på 40 m i flatt terreng, ble gjennomført som siste del av oppvarmingen. FP ble instruert til å gå maksimalt fra start til mål med valgfri teknikktype. Det var 3-4 minutter hvile mellom testene, som innebar skøyting på lav intensitet (intensitetszone 1; 55-72 %  $HF_{maks}$ ). Begge tidene fra forsøkene ble notert ned, men kun den raskeste tiden ble brukt i oppgaven. Hurtighetstestene ble målt via fotoceller. En standardisert startoppstilling ble brukt på alle testene, med markert startstrek 50 cm bak sensorene (figur 3.1). Her skulle fremste del av bindingen og stavpiggene plasseres på startstreken. Det ble først gitt klarsignal, deretter startsignal til FP.



**Figur 3.1:** Startoppstilling på 40 meter hurtighetstest. Høyde på fotocellene: 30 cm. Avstand fra fotoceller til startstrek (markert med sølv tape): 50 cm.

### **Testløype (1,1 km):**

Tre tester ble gjennomført med SL<sup>85%</sup>, SL<sup>90%</sup> og SL<sup>95%</sup>. FP ble instruert til å gå maksimalt fra start til mål, tilnærmet lik en sprintprolog, hvor de valgte teknikktype fritt underveis. For å unngå potensielle forstyrrelser for FP under test og forstyrrelser i tidtakingen, ble FP delt inn i puljer på 3 og 3, med startintervall hvert 60. sekund innad i hver pulje, hvor ny startpulje startet hvert 4. minutt. Pausen mellom hver test var 40 minutter, som innebar rolig skøyting med påfølgende hurtighetstest (med ny SL). Etter målgang på hver test registrerte FP opplevd anstrengelse (modifisert RPE; 1-10) (Borg, 1982) verbalt til en prosjektmedarbeider, fra tre ulike steder i løypa; motbakke, flatt terreng og mål. En posterplakat ble brukt for å illustrere RPE skalaen 1 til 10 (vedlegg IV) som var synlig for FP før start, samt ble brukt ved registrering etter målgang. Etter siste test rapporterte også FP subjektiv opplevelse av hvilke SL de opplevde var raskest (vedlegg V) i motbakke, flatt terreng og mål. For nærmere oversikt over løypeprofil, se figur 4.2 A.



### **3.4 Utstyr**

FP benyttet toppidrettsgymnasets rulleski, IDT Sports Skate Elite Lady (IDT Sports, Lena, Norge) rullemotstand 2, med bindinger Rottefella Rollerski Skate (Rottefella, Lierstranda, Norge). Hver FP brukte samme par rulleski på oppvarming og samtlige tester. De benyttet egne skistaver under oppvarmingen, mens på testene benyttet de skistaver fra NIH, Swix Triac 2.0 (Swix, Lillehammer, Norge) med rulleskipigg. Alle rulleskipiggene var nye før første test. Egne skisko ble benyttet, derav skøytesko. Egen hjelm og konkurransedress - enten trikot eller annet tettsittende treningstøy (treningssHORTS og -skjorte/singlet), ble benyttet. Bruk av skihansker var valgfritt, men utøverne måtte stå for dette selv. Toppidrettsgymnasets startnummer ble benyttet.

Totaltider og segmenttider fra testløypen ble målt gjennom trådløse og radio-baserte fotoceller (HC Timing, Oslo, Norge) som ga detaljerte data når FP passerte wiNode-focellene. Impulsene ble videresendt gjennom de andre wiNode-focellene ute i løypen (segmentene), kjent som et trådløst mesh-nettverk. På den måten kunne fotocellene brukes over lengre avstander i løypen. Posisjons-, hastighets- og bevegelsesdata (GNSS-data) fra testløypen ble samlet gjennom en integrert GLONASS (Global Navigation Satellite Systems) og IMU (Inertial Measurement Unit) enhet (Optimeye S5, Catapult Innovations, Melbourne, Australia), validert av Gløersen et al. (2018) med rapportert målefeil på 0,11 sekund for segmenter >100 m. Hver enhet veide 67 gram, som ble plassert i en tilpasset vest – hvor enheten var plassert tett inntil ryggen (thoracalcolumna, Th4-Th5). På hurtighetstestene ble fotoceller av typen Speedtrap II TC Wireless timing system (Brower Timing Systems, Draper, Utah, USA) benyttet. For måling av hjerterefrekvens ble Polar OH1 Optisk pulsmåler (Polar Electro Oy, Kempele, Finland) benyttet.

### **3.5 Behandling av data**

Detaljerte data ble automatisk lagret til [www.hctiming.com](http://www.hctiming.com), som var låst bak brukernavn og passord. Rådata ble deretter overført til Microsoft Office Excel 2021 (Microsoft, Redmond, USA) for videre datavask og utregninger av total- og segmenttider. GNSS-data ble brukt som visuell fremstilling av hastighet, samt løype- og høydeprofil. Dataene ble overført til Catapult Sprint 5.1 (Catapult Innovations, Melbourne, Australia), og ble prosessert videre i Matlab (Matlab, MathWorks, Inc, Kista, Sverige). En FP ble

ekskludert fra grunnet usikre GNSS-data, hvorav totalt 19 av 20 ble inkludert. Totaltider og segmenttider fra GNSS ble regnet ut fra bevegelsesdata i løypeprofilen, som ble sammenlignet med tidene fra HC Timing ved å velge posisjoner som ga minst mulig spredning for alle FP. Dette samsvarte godt, og GNSS-dataene kunne benyttes i tilfeller hvor HC Timing manglet eller hadde feilmåling. Totalt 3 GNSS tider ble benyttet (3 av 60 tester) grunnet feilmåling av HC timing, resterende tider er fra HC Timing.

Tidene fra 40 m hurtighetstest ble registrert manuelt i Excel på testdagen. Her var det flere feilmålinger fra testutstyret hvor fotocellene ikke registrerte målgangen, sannsynligvis grunnet sterkt sollys på fotocellene. Totalt 14 av 24 ble inkludert i analysen (9 menn og 5 kvinner). Pulsdata ble overført til Polar Flow (Polar Electro Oy, Kempele, Finland) dagen etter test, deretter synkronisert med data fra GNSS-enheten. Pulsdataene var imidlertid meget ustabile med stor variasjon på pulskurvene. På grunn av målefeil ble ikke disse pulsdataene benyttet i oppgaven. Imidlertid ble pulsdata fra FP egne pulsklokker (som brukte pulsbelte) samlet inn og synkronisert med data fra GNSS-enheten. Disse var bedre enn førstnevnte pulsdata, men ikke alle brukte pulsklokke, og mange av pulsdataene ble ekskludert grunnet manglende eller ustabile data. Totalt 11 av 20 ble inkludert i analysen (7 menn og 4 kvinner).

### **3.6 Statistikk**

Intervalldataene ble vurdert som normalfordelte etter Shapiro-Wiik test og visuell vurdering av histogram og Q-Q plot, og presentert som tid (sekunder og tideler) i gjennomsnitt (gj.snitt)  $\pm$  standardavvik (std.avvik), mens forskjell er presentert som gjennomsnittlig differanse i prosent  $\pm$  95 % konfidensintervall (KI). Hjerterefrekvensdata er presentert som gj.snitt og std.avvik. Ordinaldataene av subjektive målinger er presentert som median  $\pm$  interkvartildifferanse (IQR).

Parametriske tester ble anvendt for intervalldataene. Enveis ANOVA med repeterte målinger ble benyttet for å analysere tidsforskjeller og hjerterefrekvens i hvert segment for alle FP. Toveis ANOVA med repeterte målinger ble benyttet for å analysere kjønnsforskjeller i hvert segment. For å sikre at variansen til de repeterte målingene (i toveis ANOVA) og kovariansmatriksen mellom hvert par i de repeterte målingene var tilnærmet like, ble Mauchly's test benyttet. Benferroni post hoc test ble benyttet for å

undersøke om forskjellene mellom SL var signifikante. Ikke-parametriske tester ble anvendt for ordinaldataene. Friedman test ble benyttet for å undersøke om det var forskjeller i RPE, hvor Wilcoxon signed rank test med Benferroni korreksjon ble benyttet for å undersøke om forskjellene var signifikante. Wilcoxon signed rank test ble benyttet for å undersøke forskjeller i opplevd følelse mellom de ulike SL. Signifikansnivået på alle tester ble satt til  $p < 0,05$  (bortsett fra Friedman test med Benferroni korreksjon:  $p = 0,017$ ), mens  $0,1 > p > 0,05$  ble satt som en tendens til forskjell.

Effektstørrelsen (ES) av forskjellen mellom SL, ble regnet ut med Cohen's  $D$ , med følgende formel:

$$Cohen's D = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{SD_a}, \quad SD_a = \sqrt{\frac{SD_1^2 + SD_2^2}{2}}$$

$\bar{X}_1$ : gj.snitt til SL<sup>85%</sup>, SL<sup>90%</sup> eller SL<sup>95%</sup>.  $\bar{X}_2$ : gj.snitt til SL<sup>85%</sup>, SL<sup>90%</sup> eller SL<sup>95%</sup>.  $SD_1$ : std.avvik til SL<sup>85%</sup>, SL<sup>90%</sup> eller SL<sup>95%</sup>.  $SD_2$ : std.avvik til SL<sup>85%</sup>, SL<sup>90%</sup> eller SL<sup>95%</sup>. ES verdiens styrke ble vurdert ut fra:  $< 0,2 =$  liten; ca.  $0,5 =$  moderat;  $> 0,8 =$  stor (Thomas et al., 2015).

Analysene ble gjort i SPSS Statistics (IBM, Armonk, USA) og Excel. Figurene ble laget i Graphpad (GraphPad Software, Inc., USA), Microsoft Office PowerPoint 2021 (Microsoft, Redmond, USA) og Matlab. ±

## 4. Resultat

### 4.1 Tidsanalyser

#### 4.1.1 Sprintprolog 1,1 km skøyting

Segmenttider og totaltider for de ulike SL er vist i tabell 4.1, og figur 4.1 viser visuell tidsdifferanse mellom SL for FP samlet. Figur 4.2 B viser effekten av SL i de ulike segmentene og totaltid for FP samlet. Totaltiden var signifikant redusert med SL<sup>90%</sup> sammenlignet med SL<sup>85%</sup> (gj.snitt ± KI;  $2,6 \pm 0,7\%$ ,  $p < 0,01$ , ES = 0,29) og SL<sup>95%</sup> ( $1,2 \pm 0,7\%$ ,  $p < 0,01$ , ES = 0,13). Segmenttidene var signifikant redusert med SL<sup>90%</sup> sammenlignet med SL<sup>85%</sup> i segment 1 ( $3,5 \pm 1,6\%$ ), 2 ( $3,6 \pm 2,3\%$ ), 3 ( $3,8 \pm 1,1\%$ ), 4 ( $3,2 \pm 2,8\%$ ) og 5 ( $2,6 \pm 1,0\%$ ), alle  $p < 0,05$  med ES 0,20 - 0,55. Segmenttidene var også redusert med SL<sup>90%</sup> sammenlignet SL<sup>95%</sup> i segment 3 ( $1,3 \pm 0,8\%$ ) og 5 ( $1,5 \pm 0,9\%$ ), begge  $p < 0,05$  med ES 0,15 - 0,21, mens segment 4 viste tendens til redusert tid ( $1,9 \pm 1,5\%$ ,  $p = 0,06$ , ES = 0,19).

##### 4.1.1.1 Kjønnforskjeller

Det var en signifikant interaksjon mellom totaltid og kjønn, samt segment 1, 2, 3 og 5 og kjønn ( $p < 0,05$ ). Figur 4.2 C og D viser effekten av SL for henholdsvis menn og kvinner. Totaltiden for menn ( $n=11$ ) var signifikant redusert med SL<sup>90%</sup> sammenlignet med SL<sup>85%</sup> ( $2,7 \pm 0,8\%$ ,  $p < 0,01$ , ES = 0,56) og SL<sup>95%</sup> ( $2,2 \pm 0,5\%$ ,  $p < 0,01$ , ES = 0,45), mens kvinner ( $n=9$ ) hadde redusert tid med SL<sup>90%</sup> sammenlignet med SL<sup>85%</sup> ( $2,6 \pm 0,5\%$ ,  $p < 0,01$ , ES = 0,56), mens det ikke var noen forskjell mellom SL<sup>90%</sup> og SL<sup>95%</sup> ( $0,02 \pm 0,4\%$ ,  $p = 1,00$ , ES < 0,01).

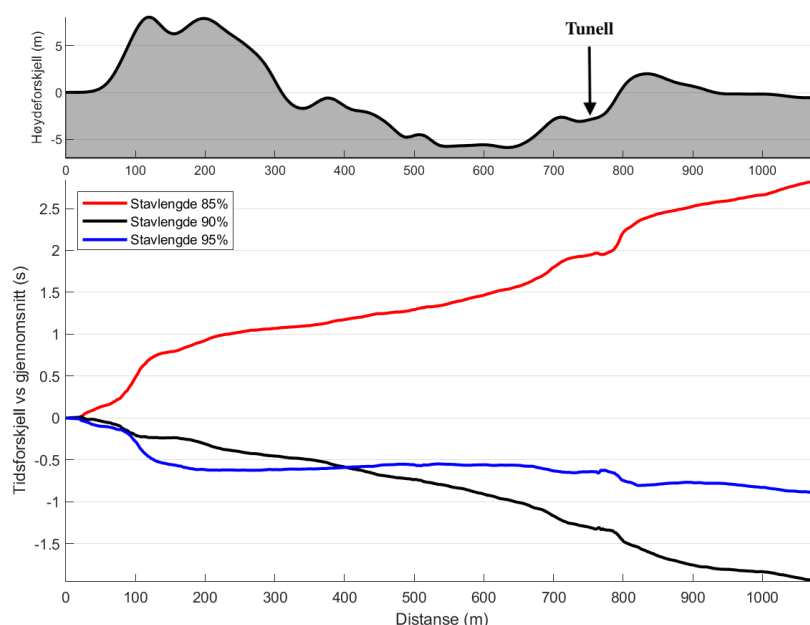
Segmenttidene for menn var signifikant redusert med SL<sup>90%</sup> sammenlignet med SL<sup>85%</sup> i segment 3 ( $3,3 \pm 0,7\%$ ) og 5 ( $2,6 \pm 1,0\%$ ), begge  $p < 0,05$  med ES 0,43 - 0,84, mens segment 1 viste tendens til redusert tid ( $2,3 \pm 1,3\%$ ,  $p = 0,08$ , ES = 0,52). Menn hadde også redusert tid med SL<sup>90%</sup> sammenlignet SL<sup>95%</sup> i segment 3 ( $2,0 \pm 0,5\%$ ) og 5 ( $2,6 \pm 0,9\%$ ), begge  $p < 0,05$  med ES 0,44 - 0,51, mens segment 4 viste tendens til redusert tid ( $2,9 \pm 1,6\%$ ,  $p = 0,07$ , ES = 0,49). For kvinner var segmenttidene redusert med SL<sup>90%</sup> sammenlignet med SL<sup>85%</sup> i segment 1 ( $5,0 \pm 1,7\%$ ), 3 ( $4,4 \pm 1,4\%$ ) og 5 ( $2,7 \pm 1,0\%$ ), alle  $p < 0,05$  med ES 0,53 - 0,94, mens segment 4 viste tendens til redusert tid ( $2,9 \pm 1,4\%$ ,  $p = 0,10$ , ES = 0,48). Til forskjell fra menn, hadde kvinner ingen signifikante forskjeller

mellom  $SL^{90\%}$  og  $SL^{95\%}$  i noen segmenter, men i segment 2 ( $-3,9 \pm 2,7\%$ ,  $p = 0,23$ ) var ES  $-0,48$ , noe som tydet på en moderat effekt favør  $SL^{95\%}$ .

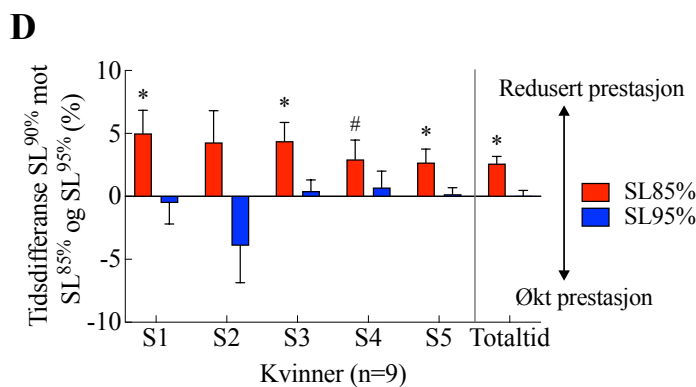
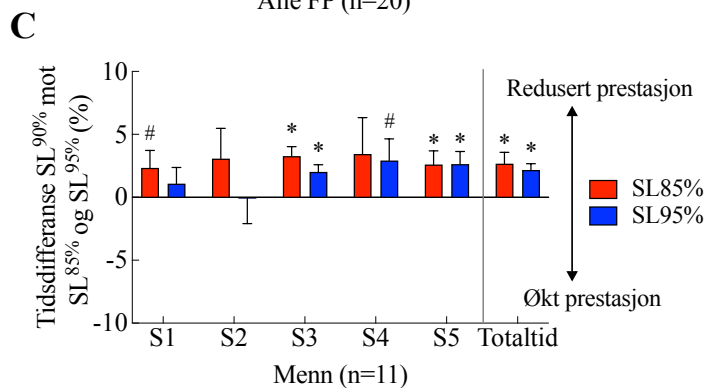
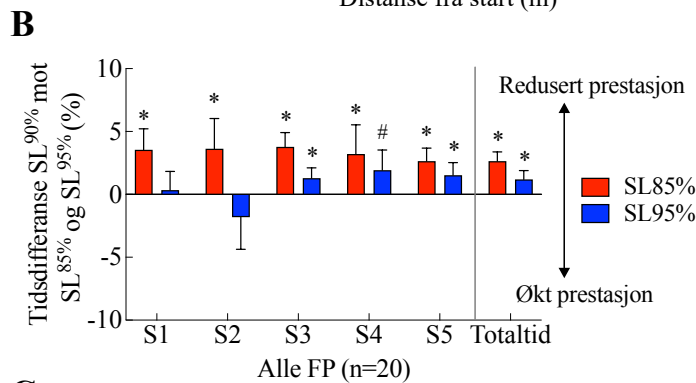
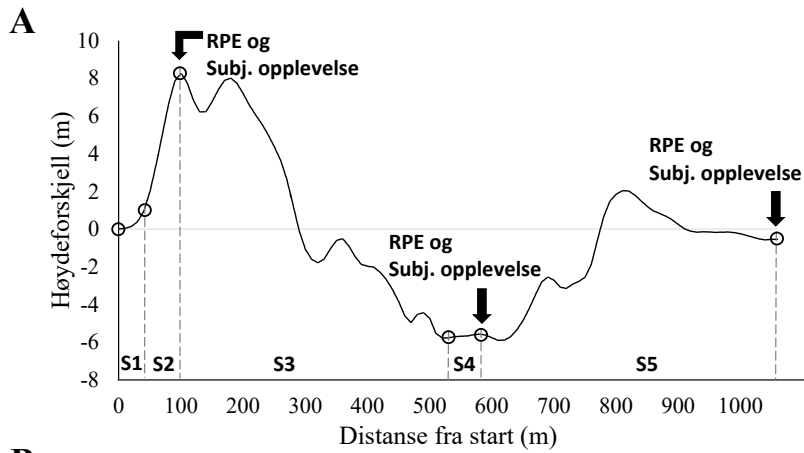
**Tabell 4.1:** Gjennomsnittlige tider (sekund) i de ulike segmentene (S1-S5) og totaltid for de ulike SL. Data presentert som gj.snitt  $\pm$  std.avvik for alle FP ( $n=20$ ), menn ( $n=11$ ) og kvinner ( $n=9$ ).

	S1	S2	S3	S4	S5	Totaltid
<b>Alle FP</b>						
$SL^{85\%}$	14,3 $\pm$ 1,5	8,2 $\pm$ 1,4	54,1 $\pm$ 3,9	21,3 $\pm$ 2,2	60,6 $\pm$ 6,4	157,5 $\pm$ 14,2
$SL^{90\%}$	13,8 $\pm$ 1,2	7,9 $\pm$ 1,4	52,1 $\pm$ 3,3	20,7 $\pm$ 2,0	59,1 $\pm$ 6,0	153,5 $\pm$ 13,6
$SL^{95\%}$	13,8 $\pm$ 1,1	7,7 $\pm$ 1,1	52,7 $\pm$ 2,9	21,1 $\pm$ 2,0	59,9 $\pm$ 5,6	155,2 $\pm$ 12,2
<b>Menn</b>						
$SL^{85\%}$	13,1 $\pm$ 0,5	7,1 $\pm$ 0,4	51,4 $\pm$ 1,8	19,8 $\pm$ 1,2	55,9 $\pm$ 3,5	146,6 $\pm$ 6,8
$SL^{90\%}$	12,8 $\pm$ 0,6	6,9 $\pm$ 0,6	49,8 $\pm$ 2,0	19,1 $\pm$ 1,0	54,5 $\pm$ 3,1	143,0 $\pm$ 6,8
$SL^{95\%}$	12,9 $\pm$ 0,6	6,8 $\pm$ 0,5	50,8 $\pm$ 1,9	19,7 $\pm$ 1,3	55,9 $\pm$ 3,5	146,1 $\pm$ 7,2
<b>Kvinner</b>						
$SL^{85\%}$	15,7 $\pm$ 0,9	9,5 $\pm$ 0,9	57,3 $\pm$ 3,0	23,3 $\pm$ 1,6	66,5 $\pm$ 3,7	170,6 $\pm$ 8,5
$SL^{90\%}$	14,9 $\pm$ 0,9	9,1 $\pm$ 1,0	54,9 $\pm$ 2,1	22,6 $\pm$ 1,2	64,7 $\pm$ 2,9	166,3 $\pm$ 6,9
$SL^{95\%}$	14,8 $\pm$ 0,6	8,7 $\pm$ 0,6	55,1 $\pm$ 1,7	22,7 $\pm$ 1,3	64,8 $\pm$ 3,2	166,3 $\pm$ 6,3

Note: **Rød skrift:** signifikant forskjell fra  $SL^{85\%}$ ,  $p < 0,05$ . **Grønn skrift:** signifikant forskjell fra  $SL^{90\%}$ ,  $p < 0,05$ . **Blå skrift:** signifikant forskjell fra  $SL^{95\%}$ ,  $p < 0,05$ . **Lilla skrift:** signifikant forskjell mot de to andre SL,  $p < 0,05$ .



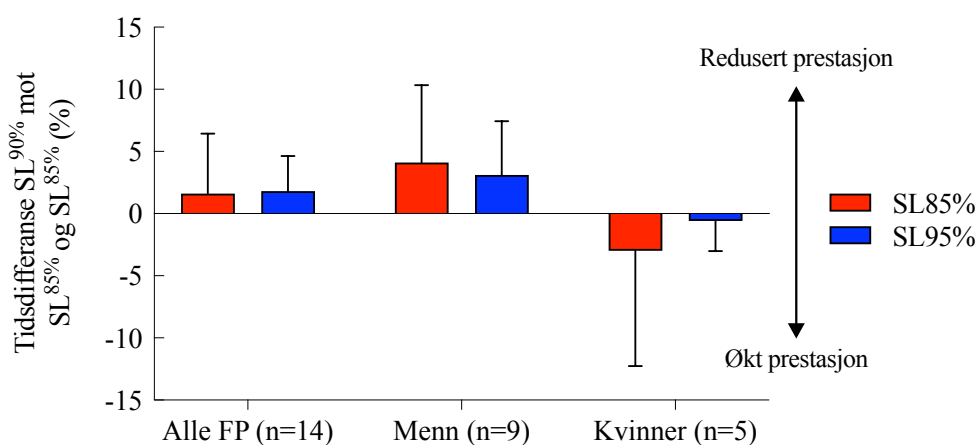
**Figur 4.1:** Tidsdifferanse sammenlignet med gj.snittstid (sekund) ( $n=19$ ), målt med GNSS (mangler én FP grunnet usikre GNSS-data). X-aksen er distansen fra start til mål. Rød strek representerer  $SL^{85\%}$ , blå strek  $SL^{90\%}$  og svart strek  $SL^{95\%}$ . Pilen indikerer sted for tunell i testløypen, hvor samtlige grafer var «hakkete» rundt 750-760 m grunnet forstyrrelser av GNSS-signal.



**Figur 4.2:** **A:** Høydeprofil av høydedata med inndeling av segmenter (S1-S5), pilene indikerer sted for rapportering av subjektiv opplevd anstrengelse (RPE) -og opplevelse av staver. Tidsdifferanse (%)  $SL^{90\%}$  sammenlignet med  $SL^{85\%}$  og  $SL^{95\%}$  for **B:** alle FP ( $n=20$ ), **C:** menn ( $n=11$ ) og **D:** kvinner ( $n=9$ ). 0-linje representerer gj.snitt for  $SL^{90\%}$ . Pil opp indikerer redusert prestasjon, mens pil ned indikerer forbedret prestasjon. Data presentert som gj.snitt  $\pm$  KI. \*: signifikant forskjellig fra 0 ( $SL^{90\%}$ ),  $p < 0,05$ . #: tendens til signifikant forskjellig fra 0 ( $SL^{90\%}$ ),  $p < 0,10$ .

### 4.1.2 Hurtighet 40 m skøyting

På 40 m hurtighet i flatt terreng (gj.snitt  $\pm$  std.avvik) for alle FP (n=14), brukte SL<sup>85%</sup> 6,63  $\pm$  0,50 sekund, SL<sup>90%</sup> 6,56  $\pm$  0,58 sekund og SL<sup>95%</sup> 6,66  $\pm$  0,51 sekund. Det var ingen signifikant interaksjon mellom 40 m hurtighet og kjønn (p > 0,05). Figur 4.3 viser effekten av SL for alle FP og kjønn separert. Det var ingen signifikant forskjell (gj.snitt  $\pm$  KI) mellom SL<sup>85%</sup> og SL<sup>90%</sup> for alle FP (1,6  $\pm$  4,4%, ES = 0,14), menn (4,1  $\pm$  5,3%, ES = 0,49) eller kvinner (-3,0  $\pm$  -6,5%, ES = -0,55), alle p > 0,05. Det var ingen signifikant forskjell mellom SL<sup>95%</sup> og SL<sup>90%</sup> for alle FP (1,8  $\pm$  2,6%, ES = 0,19), menn (3,1  $\pm$  3,7%, ES = 0,37) eller kvinner (-0,6  $\pm$  -1,7%, ES = -0,18), alle p > 0,05.

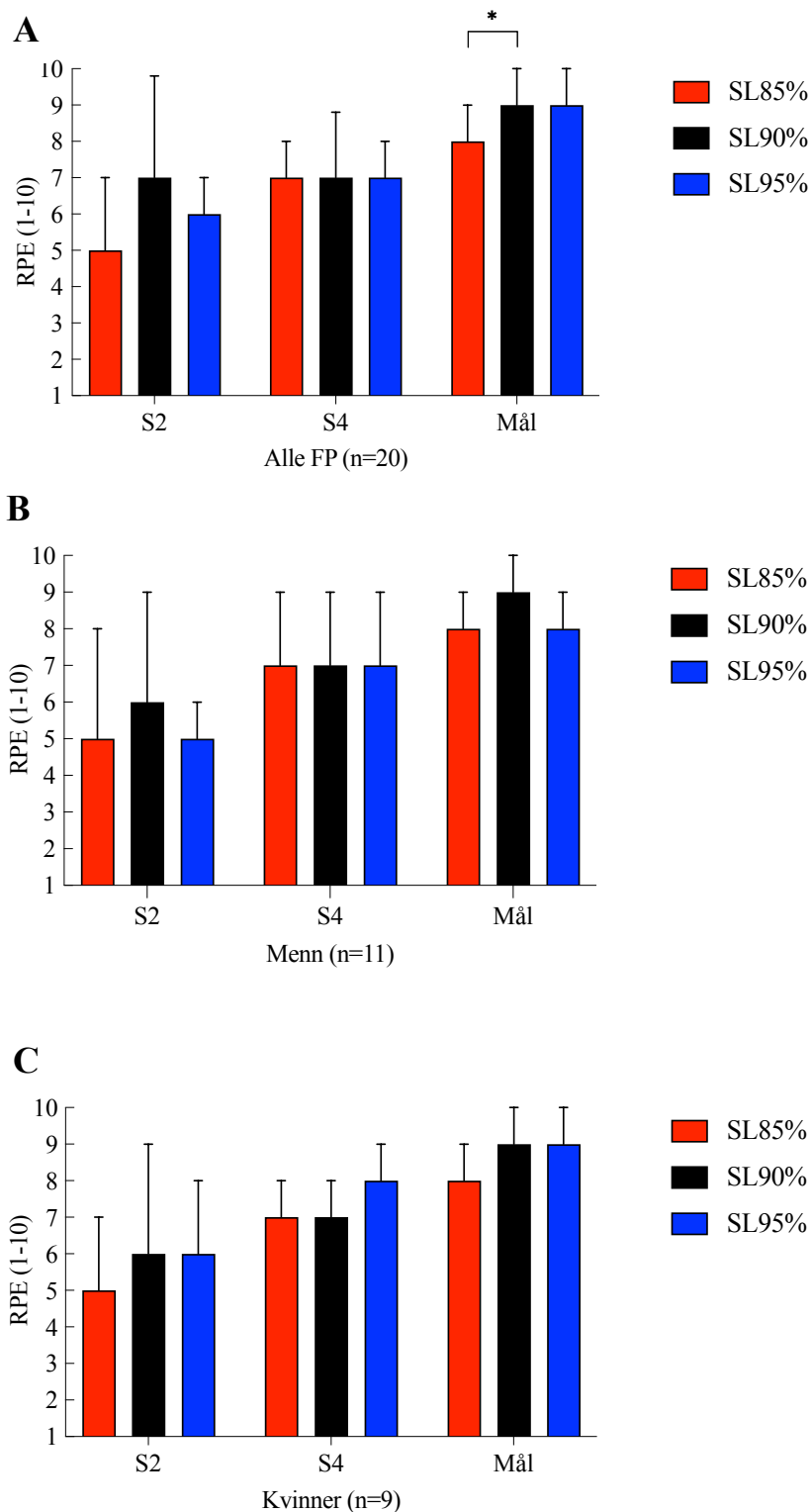


**Figur 4.3:** 40 meter hurtighet i flatt terreng. Tidsdifferanse (%) SL<sup>90%</sup> sammenlignet med SL<sup>85%</sup> og SL<sup>95%</sup> for alle FP (n=14), menn (n=9) og kvinner (n=5). 0-linje representerer gj.snitt for SL<sup>90%</sup>. Pil opp indikerer redusert prestasjon, mens pil ned indikerer forbedret prestasjon. Data presentert som gj.snitt  $\pm$  KI. \*: signifikant forskjellig fra 0 (SL<sup>90%</sup>), p < 0,05. #: tendens til signifikant forskjellig fra 0 (SL<sup>90%</sup>), p < 0,10.

## 4.2 Subjektive mål

### 4.2.1 Opplevd anstrengelse

RPE var signifikant redusert ved målgang for SL<sup>85%</sup> sammenlignet med SL<sup>90%</sup> for alle FP (p = 0,01) (figur 4.4 A). Det var ingen signifikante forskjeller i RPE for kjønn separert (figur 4.4 B og C). Det var heller ingen signifikante forskjeller i sum RPE for alle FP: SL<sup>85%</sup> 20, SL<sup>90%</sup> 23 og SL<sup>95%</sup> 22 (p = 0,34), menn: SL<sup>85%</sup> 20, SL<sup>90%</sup> 22 og SL<sup>95%</sup> 20 (p = 0,40) og kvinner: SL<sup>85%</sup> 20, SL<sup>90%</sup> 22 og SL<sup>95%</sup> 23 (p = 0,46).

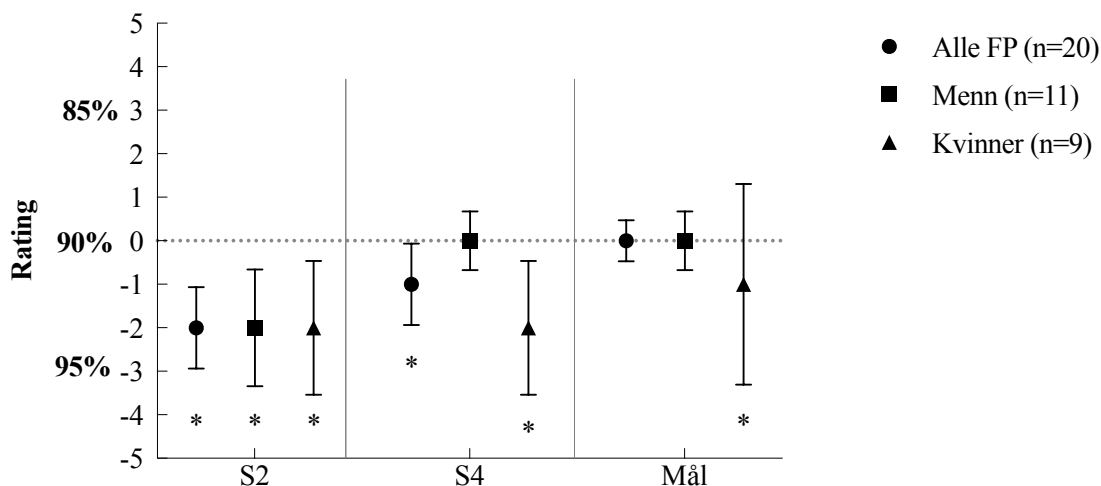


**Figur 4.4:** Subjektiv opplevd anstrengelse (RPE) i motbakke (S2), flatt (S4) og mål for **A:** alle FP (n=20), **B:** menn (n=11) og **C:** kvinner (n=9). Data presentert som median  $\pm$  IQR. \*:  $SL^{85\%}$  signifikant forskjellig fra  $SL^{90\%}$ ,  $p < 0,017$ . \*\*:  $SL^{85\%}$  signifikant forskjellig fra  $SL^{95\%}$ ,  $p < 0,017$ . #: Tendens til signifikant forskjell mellom  $SL^{85\%}$  og  $SL^{90\%}$ ,  $p < 0,10$ . ##: Tendens til signifikant forskjell mellom  $SL^{85\%}$  og  $SL^{95\%}$ ,  $p < 0,10$ .



## 4.2.2 Opplevelse av stavlengde

Alle FP (n=20), samt menn (n=11) og kvinner (n=9), opplevde SL<sup>95%</sup> som signifikant raskere i motbakke (p < 0,05) sammenlignet med SL<sup>90%</sup> (figur 4.5). Alle FP og kvinner opplevde SL<sup>95%</sup> som signifikant raskere i flatt terreng (p < 0,05) sammenlignet med SL<sup>90%</sup>. Kvinner opplevde SL<sup>95%</sup> som signifikant raskere ved målgang (p = 0,04) sammenlignet med SL<sup>90%</sup>, mens menn opplevde SL<sup>90%</sup> som raskest.



**Figur 4.5:** Subjektiv opplevelse av hvilke staver som var raskest i motbakke (S2), flatt terreng (S4) og mål for alle FP (n=20) (sirkel), menn (n=11) (firkant) og kvinner (n=9) (trekant). 0 betyr at SL<sup>90%</sup> opplevdes som raskest. Nærmere 5 betyr at SL<sup>85%</sup> opplevdes som raskere, mens nærmere -5 betyr at SL<sup>95%</sup> opplevdes som raskere. Data presentert som median ± IQR. \* signifikant forskjellig fra SL<sup>90%</sup>, p < 0,05.

## 4.3 Hjerterefrekvens

Gjennomsnittlig hjerterefrekvens for de ulike SL i segmentene for alle FP (n=11) var ikke signifikant forskjellig fra hverandre (p > 0,05) (tabell 4.2). Det var ingen signifikant interaksjon mellom hjerterefrekvens og kjønn. ±

**Tabell 4.2:** Gjennomsnittlig hjerterefrekvens i de ulike segmentene (S1-S5) og totalt fra hele testløypen for de ulike SL for alle FP (n=11). Data presentert som gj.snitt ± std.avvik.

	S1	S2	S3	S4	S5	Total
SL <sup>85%</sup>	164±15	182±8	182±8	187±7	188±7	182±8
SL <sup>90%</sup>	169±10	184±4	183±4	188±4	189±5	184±4
SL <sup>95%</sup>	166±16	183±7	183±7	188±6	189±6	184±7

## 5. Diskusjon

Formålet med prosjektet var å undersøke hvordan SL i skøyting påvirket langrennsprestasjon under en simulert sprint på rulleski. Hovedfunnene viste: (I) I totaltid hadde SL<sup>90%</sup> en signifikant forbedret prestasjon sammenlignet med SL<sup>85%</sup> og SL<sup>95%</sup>. (II) Kvinner hadde tilnærmet lik prestasjon med SL<sup>90%</sup> og SL<sup>95%</sup>, men viste en moderat økt effekt i motbakke med SL<sup>95%</sup> kontra SL<sup>90%</sup>. (III) SL har ingen signifikant effekt på 40 m hurtighet i skøyting. (IV) RPE var signifikant lavere med SL<sup>85%</sup> sammenlignet med SL<sup>90%</sup> ved målgang, mens det var ingen forskjell i hjertefrekvens. (V) Menn og kvinner rapporterte SL<sup>95%</sup> som raskest i motbakke, mens bare kvinner opplevde de som raskest i flatt terreng og ved målgang.

### 5.1 Effekten av stavlengde i skøyting

Dette er det første prosjektet som har undersøkt effekten SL i skøyting i en simulert sprintprolog for både kvinner og menn. Det er også det første prosjektet som har undersøkt effekten av SL i 40 m hurtighet. Resultatene viser at SL har betydning for prestasjonen i skøyting. Uavhengig av kjønn og løypeprofil, viser resultatene at SL<sup>85%</sup> reduserer prestasjonen i skøyting.

#### 5.1.1 Sprintprolog 1,1 km

Til vanlig benyttet FP SL<sup>90%</sup> i skøyting, som var deres «normale» SL. I totaltid hadde SL<sup>90%</sup> en signifikant forbedret prestasjon sammenlignet med SL<sup>85%</sup> og SL<sup>95%</sup> - med liten til moderat økt effekt, noe som er i kontrast til hypotesen om at SL<sup>95%</sup> ville føre til en forbedret prestasjon. Med andre ord viste resultatene at utøvernes normale SL i skøyting var raskere sammenlignet med kort- og lang SL. Dette er i strid med tidligere studier i skøyting (Torvik, van den Tillaar, Bostad, et al., 2021) og staking (Trøen et al., 2020) på snø, hvor begge fant ut at lengre SL forbedret prestasjonen sammenlignet med normal SL. Studien til Torvik, van den Tillaar, Bostad, et al. (2021) hadde imidlertid bare inkludert kvinner - som gikk en lengre distanse enn i dette prosjektet, noe som kan påvirke resultatet og sammenligningen. Trøen et al. (2020) diskuterte i sin studie at lengre SL var fordelaktig under lav hastighet i staking, mens normal SL var fordelaktig under høy hastighet. Skøyting, hvor både over- og underekstremiteten benyttes (Nilsson et al., 2004), er en raskere teknikk sammenlignet med staking - hvor primært overekstremiteten

benyttes. Skøyteknikken er 9-11% raskere sammenlignet med klassisk teknikk. Tidsdifferansen mellom stilartene er 12-15% i motbakker, noe som indikerer at skøyting i motbakke er generelt mer effektivt sammenlignet med klassisk for begge kjønn (Bolger et al., 2015). Sett i lys av dette, kan lengre SL i skøyting være mindre fordelaktig sammenlignet med staking siden hastigheten i utgangspunktet er større.

Resultatene viste imidlertid tydelige kjønnsforskjeller. Totaltiden for kvinner viste ingen signifikant forskjell mellom SL<sup>90%</sup> og SL<sup>95%</sup>, mens for menn viste SL<sup>90%</sup> en signifikant økt prestasjon sammenlignet med SL<sup>95%</sup>. Tidsdifferansen viste at menn hadde høyere hastighet sammenlignet med kvinner (tabell 4.1) - tilnærmet lik differanse som prologtidene i sprint junior (tabell 2.1) og senior (tabell 2.2) for sesongen 2022/23 (FIS, 2023). Trøen et al. (2020), som var den første som undersøkte effekten av SL i en simulert konkurranse (700 m) i klassisk for begge kjønn, diskuterte om tilsvarende kjønnsforskjeller i staking; menn hadde høyere hastighet i løypa, derfor vil normal SL (SL<sup>84%</sup>) ha bedre effekt, mens kvinner hadde lavere hastighet i løypa, derfor vil lengre SL (SL<sup>90%</sup>) ha bedre effekt. De samme tendensene virker å være i dette prosjektet, som vises tydelig i motbakker hvor hastigheten er lavest. I motbakke hadde kvinner 3,9% forbedret prestasjon med SL<sup>95%</sup> sammenlignet med SL<sup>90%</sup> (med en moderat økt effekt) – til tross for en kort motbakke (~8 sekund). For menn derimot, som hadde høyere motbakkehastighet sammenlignet med kvinner (tabell 4.1), var prestasjonen lik mellom SL<sup>95%</sup> og SL<sup>90%</sup>. Til sammenligning med staking i motbakke, var prestasjonen økt med 5,6% hos kvinner med lang SL sammenlignet med normal SL, mens menn økte med 2,7% (Trøen et al., 2020). I slak nedoverbakke og flatt terreng hvor hastigheten var høyere, hadde kvinner tilnærmet lik prestasjon med SL<sup>90%</sup> og SL<sup>95%</sup>. Derimot hadde menn både en tendens til redusert prestasjon og en signifikant redusert prestasjon med SL<sup>95%</sup> sammenlignet med SL<sup>90%</sup>. Funnene tyder på at menn, som har høyere hastighet, har mindre effekt av lang SL (SL<sup>95%</sup>) sammenlignet med kvinner som har lavere hastighet. At kvinner har bedre effekt med lang SL, mens menn har mindre effekt, er i samsvar med studien til Trøen et al. (2020) i staking på snø. På bakgrunn av at den minst verdifulle forbedringen på internasjonalt nivå i langrenn (fra 2002 til 2011) og skiskyting (fra 2005 til 2015) var 0,3-0,4% og 0,8-0,9% (Skattebo & Losnegard, 2018; Spencer et al., 2014), indikerer våre resultater at SL<sup>95%</sup> kan påvirke prestasjonen både i langrenn og skiskyting – så fremst motbakker er den avgjørende delen av konkurranseløypen.

En mulig forklaring for at SL<sup>95%</sup> ga større effekt i motbakke, er økt bruk av delteknikken dobbeldans (Torvik, van den Tillaar, Bostad, et al., 2021), som har høyere syklusfrekvens og kortere sykluslengde sammenlignet med padling (Losnegard et al., 2012b; Myklebust et al., 2014; Nilsson et al., 2004; Smith et al., 2009; Stöggl et al., 2010). Imidlertid var SL og teknikkvalg i skøyting basert på utøverens selvrapporing (Torvik, van den Tillaar, Bostad, et al., 2021), noe som har metodiske begrensninger. Studier har vist at lang SL forbedret arbeidsøkonomien i motbakke, både i dobbeldans (Torvik et al., 2019) og i staking (Carlsen et al., 2018; Torvik, Persson, et al., 2021). I staking var denne effekten assosiert med en mer oppreist kroppsposisjon, og dermed en mindre vertikal opp og ned bevegelse av tyngdepunktet (Carlsen et al., 2018). De samme tendensene virker å være i skøyting, som viste en større vinkel i kneleddet ved laveste posisjon (Torvik et al., 2019). På den måten kan energiforbruket per meter reduseres med SL<sup>95%</sup>, som gjør at utøvere kan gå raskere på samme energiforbruk - hvor de kan tillate å bruke overkroppen og kroppsmassen mer effektivt (Stöggl & Holmberg, 2016).

At kvinner hadde tilnærmet lik prestasjon med SL<sup>90%</sup> og SL<sup>95%</sup> i totaltid, er i kontrast med Torvik, van den Tillaar, Bostad, et al. (2021) - som viste en signifikant forbedret prestasjon med lang SL (SL<sup>94%</sup>) sammenlignet med normal SL (SL<sup>89%</sup>). En mulig forklaring på de motstridende funnene, er de ulike distansene, hvor kvinner potensielt kan få økende effekt av å bruke lang SL på lengre distanser hvor hastigheten avtar. Det er imidlertid ikke gjort noen utendørs studier som har undersøkt effekten av SL i skøyting i en simulert konkurranse for menn. En studie har sett på SL og arbeidsøkonomi på rulleskimølle for menn (Torvik et al., 2019), som viste at lang SL (SL<sup>94%</sup>) ga mindre O<sub>2</sub>-kostnad i dobbeldans sammenlignet med normal SL (SL<sup>90%</sup>) i motbakke og flatt terreng i høy hastighet. Andre studier har også vist positive effekter ved bruk av lang SL på arbeidsøkonomi og prestasjon i staking på rulleskimølle (Carlsen et al., 2018; Losnegard et al., 2017; Onasch et al., 2017; Torvik, Persson, et al., 2021). Til tross for disse funnene, viser resultatene i dette prosjektet at menn har lik prestasjon med SL<sup>90%</sup> og SL<sup>95%</sup> i motbakke, mens SL<sup>90%</sup> ga forbedret prestasjon i lett terreng og totaltid sammenlignet med SL<sup>95%</sup>. En mulig forklaring på de motstridende funnene, er at hastigheten under en simulert konkurranse på rulleski er høyere sammenlignet med testing på rulleskimølle – som ofte er på submaksimale belastninger. Utøvernes manglende erfaring med å bruke av lang SL kan også ha innvirkning på resultatet.

### 5.1.2 Startfasen i sprintprolog og 40 m hurtighetstest

I startfasen av sprintprologen (S1) hadde SL<sup>90%</sup> en signifikant forbedret prestasjon sammenlignet med SL<sup>85%</sup>, mens prestasjonen var tilnærmet lik med SL<sup>90%</sup> og SL<sup>95%</sup>. Det er i kontrast med Torvik, van den Tillaar, Bostad, et al. (2021), som viste at lang SL (SL<sup>94%</sup>) ga en signifikant forbedret prestasjon sammenlignet med normal SL (SL<sup>89%</sup>) i startfasen på 5 km skøyting. I denne studien var imidlertid startfasen definert som de første 200 m, noe som var mye lengre enn i dette prosjektet – som var ca. 30-40 m. En mulig forklaring på de sprikende funnene, er at utøverne kommer raskere opp i hastighet i startfasen av en sprintprolog sammenlignet med lengre skøytedistanser (som har lavere hastighet).

På 40 m hurtighet var det imidlertid ingen signifikante forskjeller mellom SL og prestasjon uavhengig av kjønn. Resultatene er i kontrast med tidligere studier i staking. En studie viste at lang SL (SL<sup>88%</sup>) forbedret prestasjonen på 80 m staketest sammenlignet med normal (SL<sup>84%</sup>) og kort SL (SL<sup>80%</sup>), og påpekte at differansen var størst i akselerasjonsfasen når hastigheten var lav (Hansen & Losnegard, 2010). En annen studie viste derimot at normal SL (SL<sup>84%</sup>) hadde høyere topphastighet sammenlignet med lang SL (SL<sup>90%</sup>) i staking på rulleskimølle. Våre resultater og tidligere litteratur er motstridende, mulig på grunn av metodiske ulikheter - noe som begrenser nåværende evidens. Det kan nevnes at hurtighetsresultatene i dette prosjektet viste kjønnsforskjeller, hvor menn reduserte prestasjonen med 4,1% med SL<sup>85%</sup> kontra SL<sup>90%</sup>. Kvinner derimot, forbedret prestasjonen med 3% med SL<sup>85%</sup> kontra SL<sup>90%</sup> (med en moderat økt effekt). Imidlertid hadde kvinner størst spredning i konfidensintervallet med bruk av SL<sup>85%</sup>. Her er det behov for ytterligere forskning med flere FP for å tyde tendensene med større sikkerhet.

### 5.1.3 Subjektive mål og hjerterefrekvens

Opplevd anstrengelse (RPE) var signifikant lavere med SL<sup>85%</sup> sammenlignet med SL<sup>90%</sup> ved målgang, mens det ikke var noen forskjell i hjerterefrekvens. Siden prestasjonen var signifikant redusert med SL<sup>85%</sup> sammenlignet med SL<sup>90%</sup>, tyder det på at utøverne ikke evner å presse seg like mye med kort SL, som med normal SL. Videre viste resultatene ingen forskjell i RPE mellom de andre SL i motbakke, flatt terreng eller målgang – til tross for at det ikke sammenfaller med tidsanalysene. Dette er i tråd med tidligere studier

i skøyting i motbakke på rulleskimølle (Torvik et al., 2019) og staking på snø (Trøen et al., 2020), som viste forbedret arbeidsøkonomi og prestasjon med lang SL kontra normal SL, men likevel hadde lik RPE. Det er derimot i kontrast med en tidligere studie i skøyting på snø (Torvik, van den Tillaar, Bostad, et al., 2021), som viste at lang SL hadde lavere RPE sammenlignet med normal SL, mens andre fysiologiske responser som hjertefrekvens og laktat var uendret mellom SL. Våre resultater og tidligere litteratur tyder på at subjektive målinger av RPE ikke er til å stole på for å vurdere effekten av SL, men at objektive tidsanalyser heller må benyttes.

Til tross for liten erfaring med bruk av lang SL, rapporterte både menn og kvinner at de opplevde lang SL som raskest i motbakke. Kvinner opplevde i tillegg at lang SL var raskest uavhengig av terreng (figur 4.5), til tross for at det ikke sammenfaller med tidsanalysene i flatt terreng eller målgang. Dette tyder også på at subjektive målinger av opplevd følelse av SL, ikke nødvendigvis sammenfaller med objektive tidsanalyser.

## **5.2 Metodiske betraktninger**

Av forskningen som er gjort på SL, viser tabell 2.3 en tydelig overvekt av studier i klassisk teknikk, hvorav mesteparten er gjennomført innendørs på rulleskimølle. Siden langrenn er en utendørs idrett, vil resultatene fra studiene begrenses, da de ikke nødvendigvis har overføringsverdi til konkurranser. Ut fra tabell 2.3, var det behov for ytterligere forskning i felt i skøyting for begge kjønn. Hensikten med prosjektet var å undersøke hvordan SL i skøyting påvirket langrennsprestasjon i ulike segmenter av en simulert sprintprolog på rulleski, for mannlige og kvinnelige juniorløpere. Feltbaserte tester kan brukes som en valid prediktor for langrennsprestasjon i en heterogen gruppe både på rulleski og snø, men har større sannsynlighet for påvirkning av ytre faktorer med lavere test-retest reliabilitet (Talsnes et al., 2021), sammenlignet med en innendørs test på rulleskimølle. Derfor ble det gjort noen tiltak for å øke test-retest reliabiliteten, derav valg av rulleskiløype som utøverne kjente godt, testtidspunkt innenfor tre timer slik at vær -og vind var tilnærmet likt, samt at utøverne brukte samme par rulleski på samtlige tester - som ikke ble påvirket av ytre faktorer som snøfriksjon. På en annen side er langrenn en utendørs vinteridrett som er forskjellig fra rulleski, noe som er en begrensning med prosjektet. Dobbeldans i skøyting på rulleski simulerer i stor grad til skøyting på snø, men de mekaniske egenskapene til skiene og/eller hardheten til underlaget endrer

hoftebevegelsene og stavisset-tiden (Myklebust et al., 2022), noe som påvirker overføringsverdien til konkurranser på snø. Videre forskning på snø vil derfor være nødvendig, som i tillegg registrerer teknikkvalg basert på SL. I tillegg tar prosjektet kun for seg en simulert sprintprolog, hvor målet er å gå raskest mulig gjennom en intervallstart. Denne konkurransetypen er forskjellig sammenlignet med fellesstart, eksempelvis finaleheatene, hvor målet er å komme først i mål, som setter større krav til rask akselerasjon underveis og/eller i en sluttspurt (Losnegard, 2019).

For måling av totaltid og segmenttider, ble radio-baserte fotoceller og GNSS-enheter benyttet, hvor tidene ble sammenlignet opp mot hverandre, noe som styrket reliabiliteten. Imidlertid var det mange feilmålinger på fotocellene på 40 m hurtighet med mange ekskluderinger, spesielt for kvinner. I tillegg var det ustabile pulsdata som ikke kunne bli brukt i analysen, som medførte redusert mengde hjertefrekvensdata (fra FP som brukte pulsbelte). Bruk av standardisert utstyr kunne løst problemet, hvor tendensene kunne blitt tydet med større sikkerhet. Grunnet relativt få antall FP på hurtighetstest og hjertefrekvensdata, bør resultatene tolkes med forsiktighet.

### **5.3 Praktisk implikasjon**

Valg av SL i skøyting bør velges basert på hastighet, som potensielt er bestemt av utøverens nivå, kjønn, løypeprofil, konkurransetype og føreforhold. Uavhengig av hastighet eller løypeprofil, bør utøvere ikke benytte korte staver (SL<sup>85%</sup>) som reduserer prestasjonen. For å optimalisere prestasjonen i skøyting, bør utøvere benytte lang SL (SL<sup>95%</sup>) dersom motbakker er den avgjørende delen av konkurranseløypen. Dersom flatt terreng er den avgjørende delen, bør utøvere heller benytte normal SL (SL<sup>90%</sup>) – som er den beste «allround staven». I tillegg er det forskjell om målet er å gå så raskt som mulig (intervallstart) kontra å komme først i mål (fellesstart), noe som må tas inn i den taktiske vurderingen før valg av SL. Siden kvinner har en lavere hastighet sammenlignet med menn, tyder det på at kvinner har størst potensiale på å bruke lang SL.

## 6. Konklusjon

Junior langrennsløpere forbedret prestasjonen i skøyting med SL<sup>90%</sup> sammenlignet med SL<sup>85%</sup> i en 1,1 km sprintprolog på rulleski. Menn forbedret prestasjonen med SL<sup>90%</sup> sammenlignet med SL<sup>95%</sup>, mens kvinner hadde tilnærmet lik prestasjon med SL<sup>90%</sup> og SL<sup>95%</sup> - med en økt effekt med SL<sup>95%</sup> i motbakke. Potensielt kan kvinner forbedre prestasjonen i skøyting med lengre SL i en løypetrasé hvor motbakker er avgjørende. Valg av SL bør bli valgt basert på hastighet, som potensielt er bestemt av utøvernes nivå, kjønn og løypeprofil.



## Referanseliste

- Andersson, E., Björklund, G., Holmberg, H. C. & Ørtenblad, N. (2017). Energy system contributions and determinants of performance in sprint cross-country skiing. *Scand J Med Sci Sports*, 27(4), 385-398. <https://doi.org/10.1111/sms.12666>
- Andersson, E., Supej, M., Sandbakk, Ø., Sperlich, B., Stöggl, T. & Holmberg, H. C. (2010). Analysis of sprint cross-country skiing using a differential global navigation satellite system. *Eur J Appl Physiol*, 110(3), 585-595. <https://doi.org/10.1007/s00421-010-1535-2>
- Bassett, D. R., Jr. & Howley, E. T. (2000). Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Med Sci Sports Exerc*, 32(1), 70-84. <https://doi.org/10.1097/00005768-200001000-00012>
- Bolger, C. M., Kocbach, J., Hegge, A. M. & Sandbakk, Ø. (2015). Speed and heart-rate profiles in skating and classical cross-country skiing competitions. *Int J Sports Physiol Perform*, 10(7), 873-880. <https://doi.org/10.1123/ijssp.2014-0335>
- Borg, G. A. V. (1982). Psychophysical bases of perceived exertion. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 14(5), 377-381. <https://doi.org/https://doi.org/10.1249/00005768-198205000-00012>
- Boulay, M. R., Rundell, K. W. & King, D. L. (1995). Effect of slope variation and skating technique on velocity in cross-country skiing. *Med Sci Sports Exerc*, 27(2), 281-287.
- Carlsen, C. H., Rud, B., Myklebust, H. & Losnegard, T. (2018). Pole lengths influence O<sub>2</sub>-cost during double poling in highly trained cross-country skiers. *Eur J Appl Physiol*, 118(2), 271-281. <https://doi.org/10.1007/s00421-017-3767-x>
- di Prampero, P. E. (2003). Factors limiting maximal performance in humans. *European Journal of Applied Physiology*, 90(3), 420-429. <https://doi.org/10.1007/s00421-003-0926-z>
- FIS. (2021). *The International Ski Competition Rules (ICR: Book II Cross- Country)*. Hentet 28.04.22 fra <https://www.fis-ski.com/en/inside-fis/document-library/cross-country-documents>
- FIS. (2023). *The International Ski Competition Calendar and Results*. Hentet 20.04.23 fra <https://www.fis-ski.com/DB/cross-country/calendar-results.html?eventselection=&place=&sectorcode=CC&seasoncode=2023&cate>

- gorycode=WC&disciplinecode=SP&gendercode=&racedate=&racecodex=&nationcode=&seasonmonth=X-2023&saveselection=-1&seasonselection=
- Frøyd, C., Gjerset, A., Nilsson, J. & Enoksen, E. (2015). Utholdenhet og utholdenhetstrening. I A. Gjerset (Red.), *Idrettens treningslære* (2. utg., s. 270-361). Gyldendal Norsk Forlag AS.
- Gløersen, Ø., Gilgien, M., Dysthe, D. K., Malthe-Sørenssen, A. & Losnegard, T. (2020). Oxygen Demand, Uptake, and Deficits in Elite Cross-Country Skiers during a 15-km Race. *Med Sci Sports Exerc*, 52(4), 983-992. <https://doi.org/10.1249/mss.0000000000002209>
- Gløersen, Ø., Kocbach, J. & Gilgien, M. (2018). Tracking Performance in Endurance Racing Sports: Evaluation of the Accuracy Offered by Three Commercial GNSS Receivers Aimed at the Sports Market. *Front Physiol*, 9, 1425. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.01425>
- Hansen, E. A. & Losnegard, T. (2010). Pole length affects cross-country skiers' performance in an 80-m double poling trial performed on snow from standing start. *Sports Engineering*, 12(4), 171-178. <https://doi.org/10.1007/s12283-010-0042-3>
- Hébert-Losier, K., Zinner, C., Platt, S., Stöggl, T. & Holmberg, H. C. (2017). Factors that Influence the Performance of Elite Sprint Cross-Country Skiers. *Sports Med*, 47(2), 319-342. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0573-2>
- Holmberg, H. C. (2015). The elite cross-country skier provides unique insights into human exercise physiology. *Scand J Med Sci Sports*, 25 Suppl 4, 100-109. <https://doi.org/10.1111/sms.12601>
- Joyner, M. J. & Coyle, E. F. (2008). Endurance exercise performance: the physiology of champions. *J Physiol*, 586(1), 35-44. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2007.143834>
- Karlsson, Ø., Gilgien, M., Gløersen, Ø. N., Rud, B. & Losnegard, T. (2018). Exercise Intensity During Cross-Country Skiing Described by Oxygen Demands in Flat and Uphill Terrain. *Frontiers in Physiology*, 9. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.00846>
- Kvamme, B., Jakobsen, V., Hetland, S. & Smith, G. (2005). Ski skating technique and physiological responses across slopes and speeds. *European Journal of Applied Physiology*, 95(2), 205-212. <https://doi.org/10.1007/s00421-005-1332-5>

- Losnegard, T. (2019). Energy system contribution during competitive cross-country skiing. *European Journal of Applied Physiology*, 119(8), 1675-1690. <https://doi.org/10.1007/s00421-019-04158-x>
- Losnegard, T. & Hallén, J. (2014). Physiological Differences Between Sprint- and Distance-Specialized Cross-Country Skiers. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 9(1), 25-31. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2013-0066>
- Losnegard, T., Myklebust, H. & Hallén, J. (2012a). Anaerobic Capacity as a Determinant of Performance in Sprint Skiing. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 44(4), 673-681. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3182388684>
- Losnegard, T., Myklebust, H. & Hallén, J. (2012b). No Differences in O<sub>2</sub>-Cost between V<sub>1</sub> and V<sub>2</sub> Skating Techniques During Treadmill Roller Skiing at Moderate to Steep Inclines. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(5), 1340-1347. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318231a69e>
- Losnegard, T., Myklebust, H., Skattebo, Ø., Stadheim, H. K., Sandbakk, Ø. & Hallén, J. (2017). The Influence of Pole Length on Performance, O<sub>2</sub> Cost, and Kinematics in Double Poling. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(2), 211-217. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2015-0754>
- Losnegard, T., Schäfer, D. & Hallén, J. (2014). Exercise economy in skiing and running. *Front Physiol*, 5, 5. <https://doi.org/10.3389/fphys.2014.00005>
- Losnegard, T., Tosterud, O. K., Trøen, E., Carlsen, C. H., Paulsen, G. & Rud, B. (2019). The influence of pole lengths on O<sub>2</sub>-cost, kinematics, and performance in double poling at high speeds before and after a training period with long poles. *Eur J Appl Physiol*, 119(11-12), 2579-2587. <https://doi.org/10.1007/s00421-019-04237-z>
- Moseley, L. & Jeukendrup, A. E. (2001). The reliability of cycling efficiency. *Med Sci Sports Exerc*, 33(4), 621-627. <https://doi.org/10.1097/00005768-200104000-00017>
- Myklebust, H., Losnegard, T. & Hallén, J. (2014). Differences in V<sub>1</sub> and V<sub>2</sub> ski skating techniques described by accelerometers. *Scand J Med Sci Sports*, 24(6), 882-893. <https://doi.org/10.1111/sms.12106>
- Myklebust, H., Losnegard, T. & Hallén, J. (2022). Kinematic differences between uphill roller skiing and on-snow skiing using the V<sub>2</sub> skating technique. *Eur J Appl Physiol*, 122(11), 2355-2365. <https://doi.org/10.1007/s00421-022-05007-0>

- Nilsson, J., Tveit, P. & Eikrehagen, O. (2004). Effects of speed on temporal patterns in classical style and freestyle cross-country skiing. *Sports Biomech*, 3(1), 85-107. <https://doi.org/10.1080/14763140408522832>
- Olympiatoppen. (2022). *OLT I-Skala*. Olympiatoppen. Hentet 16.01.23 fra <https://olt-skala.nif.no/#I-1>
- Onasch, F., Killick, A. & Herzog, W. (2017). Is There an Optimal Pole Length for Double Poling in Cross Country Skiing? *J Appl Biomech*, 33(3), 197-202. <https://doi.org/10.1123/jab.2016-0071>
- Pellegrini, B., Stöggl, T. L. & Holmberg, H.-C. (2018). Developments in the Biomechanics and Equipment of Olympic Cross-Country Skiers. *Frontiers in Physiology*, 9. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.00976>
- Sandbakk, Ø., Ettema, G., Leirdal, S., Jakobsen, V. & Holmberg, H.-C. (2011). Analysis of a sprint ski race and associated laboratory determinants of world-class performance. *European Journal of Applied Physiology*, 111(6), 947-957. <https://doi.org/10.1007/s00421-010-1719-9>
- Sandbakk, Ø. & Holmberg, H.-C. (2017). Physiological Capacity and Training Routines of Elite Cross-Country Skiers: Approaching the Upper Limits of Human Endurance. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(8), 1003-1011. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2016-0749>
- Sandbakk, Ø. & Holmberg, H. C. (2014). A reappraisal of success factors for Olympic cross-country skiing. *Int J Sports Physiol Perform*, 9(1), 117-121. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2013-0373>
- Sandbakk, Ø., Holmberg, H. C., Leirdal, S. & Ettema, G. (2010). Metabolic rate and gross efficiency at high work rates in world class and national level sprint skiers. *Eur J Appl Physiol*, 109(3), 473-481. <https://doi.org/10.1007/s00421-010-1372-3>
- Saunders, P. U., Pyne, D. B., Telford, R. D. & Hawley, J. A. (2004). Reliability and variability of running economy in elite distance runners. *Med Sci Sports Exerc*, 36(11), 1972-1976. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000145468.17329.9f>
- Shang, L., Sandbakk, Ø., Shi, R., Chen, X. & Talsnes, R. K. (2022). Analysis of a Skating Time-Trial Competition and Associated Performance-Determinants in Cross-Country Skiers. *Int J Environ Res Public Health*, 19(18). <https://doi.org/10.3390/ijerph191811580>

- Sidossis, L. S., Horowitz, J. F. & Coyle, E. F. (1992). Load and velocity of contraction influence gross and delta mechanical efficiency. *Int J Sports Med*, 13(5), 407-411. <https://doi.org/10.1055/s-2007-1021289>
- Skattebo, Ø. & Losnegard, T. (2018). Variability, Predictability, and Race Factors Affecting Performance in Elite Biathlon. *Int J Sports Physiol Perform*, 13(3), 313-319. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2017-0090>
- Smith, G., Kvamme, B. & Jakobsen, V. (2009). Effectiveness of ski and pole forces in ski skating. I E. Müller, S. Lindinger & T. Stöggl (Red.), *Science and skiing* (s. 647- 656). United Kingdom: Meyer & Meyer Sport.
- Sollie, O., Gløersen, Ø., Gilgien, M. & Losnegard, T. (2021). Differences in pacing pattern and sub-technique selection between young and adult competitive cross-country skiers. *Scand J Med Sci Sports*, 31(3), 553-563. <https://doi.org/10.1111/sms.13887>
- Spencer, M., Losnegard, T., Hallén, J. & Hopkins, W. G. (2014). Variability and predictability of performance times of elite cross-country skiers. *Int J Sports Physiol Perform*, 9(1), 5-11. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2012-0382>
- Stöggl, T. & Holmberg, H. C. (2015). Three-dimensional Force and Kinematic Interactions in V1 Skating at High Speeds. *Med Sci Sports Exerc*, 47(6), 1232-1242. <https://doi.org/10.1249/mss.0000000000000510>
- Stöggl, T., Kappel, W., Müller, E. & Lindinger, S. (2010). Double-push skating versus V2 and V1 skating on uphill terrain in cross-country skiing. *Med Sci Sports Exerc*, 42(1), 187-196. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181ac9748>
- Stöggl, T., Müller, E., Ainegren, M. & Holmberg, H. C. (2011). General strength and kinetics: fundamental to sprinting faster in cross country skiing? *Scand J Med Sci Sports*, 21(6), 791-803. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2009.01078.x>
- Stöggl, T. L. & Holmberg, H. C. (2016). Double- Poling Biomechanics of Elite Cross-country Skiers: Flat versus Uphill Terrain. *Med Sci Sports Exerc*, 48(8), 1580-1589. <https://doi.org/10.1249/mss.0000000000000943>
- Stöggl, T. L. & Müller, E. (2009). Kinematic determinants and physiological response of cross-country skiing at maximal speed. *Med Sci Sports Exerc*, 41(7), 1476-1487. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31819b0516>
- Talsnes, R. K., Solli, G. S., Kocbach, J., Torvik, P. & Sandbakk, Ø. (2021). Laboratory- and field-based performance-predictions in cross-country skiing and roller-

- skiing. *PLOS ONE*, 16(8), e0256662.  
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0256662>
- Thomas, J. R., Nelson, J. K. & Silverman, S. J. (2015). *Research methods in physical activity* (7. utg.). Human Kinetics.
- Torvik, P.-Ø., Heimburg, E. D. v., Sende, T. & Welde, B. (2019). The effect of pole length on physiological and perceptual responses during G3 roller ski skating on uphill terrain. *PLOS ONE*, 14(2), e0211550.  
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0211550>
- Torvik, P.-Ø., Persson, J. & van den Tillaar, R. (2021). The Effects of Sub-Technique and Pole Length on Classic Roller Skiing Performance and Physiological Responses at Steep Uphill Inclination. *Journal of Human Kinetics*, 77(1), 97-105. <https://doi.org/doi:10.2478/hukin-2021-0014>
- Torvik, P.-Ø., van den Tillaar, R., Bostad, G. & Sandbakk, Ø. (2021). Pole Length Influences Performance During On-Snow Skating in Female Cross-Country Skiers. *Journal of Science in Sport and Exercise*, 3(4), 348-354.  
<https://doi.org/10.1007/s42978-021-00134-0>
- Torvik, P.-Ø., van den Tillaar, R. & Sandbakk, Ø. (2021). Choice of Pole and Ski Lengths Among Elite Cross-Country Skiers: The Influence of Sex and Performance Level. *Frontiers in Sports and Active Living*, 3.  
<https://doi.org/10.3389/fspor.2021.654864>
- Trøen, E., Rud, B., Karlsson, Ø., Carlsen, C. H., Gilgien, M., Paulsen, G., Tosterud, O. K. & Losnegard, T. (2020). Pole Length's Influence on Performance During Classic-Style Snow Skiing in Well-Trained Cross-Country Skiers. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 15(6), 884-891.  
<https://doi.org/10.1123/ijsp.2019-0310>

## Tabelloversikt

**Tabell 2.1:** Prologtider i sprint (gj.snitt tre beste prologtider per kjønn/klasse) i Norgescup junior (NC jr.) og verdensmesterskap junior (VM jr.), samt tidsdifferanse for kjønn, for sesongen 2022/23. ♂ = menn, ♀ = kvinner. Hentet fra FIS (2023). ..... 11

**Tabell 2.2:** Prologtider i sprint (gj.snitt tre beste prologtider per kjønn) i verdenscup og verdensmesterskap (VM) senior, samt tidsdifferanse fra nr.30 til nr. 1 og tidsdifferanse for kjønn, for sesongen 2022/23. ♂ = menn, ♀ = kvinner. Hentet fra FIS (2023). ..... 11

**Tabell 2.3:** Oversikt over studier som har undersøkt effekten av SL i skøyting (SK) og klassisk/staking (KL/Stak) på snø og rulleskimølle. ♂ = menn, ♀ = kvinner. SL = stavlengde % av utøvers kroppshøyde. .... 14

**Tabell 2.4:** Oversikt over studier som viser tid i motbakke og bruk av delteknikk i konkurranser, henholdsvis i skøyting, i sprint og på lengre distanser for unge -og seniorutøvere. .... 19

**Tabell 3.1:** Deskriptive data av kvinner (n=9), menn (n=11) og totalt (n=20). Data oppgitt som gj.snitt ± std.avvik. .... 21

**Tabell 4.1:** Gjennomsnittlige tider (sekund) i de ulike segmentene (S1-S5) og totaltid for de ulike SL. Data presentert som gj.snitt ± std.avvik for alle FP (n=20), menn (n=11) og kvinner (n=9). .... 29

**Tabell 4.2:** Gjennomsnittlig hjerterefrekvens i de ulike segmentene (S1-S5) og totalt fra hele testløypen for de ulike SL for alle FP (n=11). Data presentert som gj.snitt ± std.avvik. .... 33

## Figuroversikt

**Figur 2.1:** Illustrasjon av en syklus av skøyteteknikkene: padling (G2), dobbeldans (G3), enkeldans (G4) og friskøyting (G5). Figuren er hentet fra Andersson et al. (2010).

..... 17

**Figur 3.1:** Startoppstilling på 40 meter hurtighetstest. Høyde på fotocellene: 30 cm. Avstand fra fotoceller til startstrek (markert med sølv tape): 50 cm..... 24

**Figur 4.1:** Tidsdifferanse sammenlignet med gj.snittstid (sekund) (n=19), målt med GNSS (mangler én FP grunnet usikre GNSS-data). X-aksen er distansen fra start til mål. Rød strek representerer SL<sup>85%</sup>, blå strek SL<sup>90%</sup> og svart strek SL<sup>95%</sup>. Pilen indikerer sted for tunell i testløypen, hvor samtlige grafer var «hakkete» rundt 750-760 m grunnet forstyrrelser av GNSS-signal..... 29

**Figur 4.2: A:** Høydeprofil av høydedata med inndeling av segmenter (S1-S5), pilene indikerer sted for rapportering av subjektiv opplevd anstrengelse (RPE) -og opplevelse av staver. Tidsdifferanse (%) SL<sup>90%</sup> sammenlignet med SL<sup>85%</sup> og SL<sup>95%</sup> for **B:** alle FP (n=20), **C:** menn (n=11) og **D:** kvinner (n=9). 0-linje representerer gj.snitt for SL<sup>90%</sup>. Pil opp indikerer redusert prestasjon, mens pil ned indikerer forbedret prestasjon. Data presentert som gj.snitt ± KI. \*: signifikant forskjellig fra 0 (SL<sup>90%</sup>), p < 0,05. #: tendens til signifikant forskjell fra 0 (SL<sup>90%</sup>), p < 0,10. .... 30

**Figur 4.3:** 40 meter hurtighet i flatt terreng. Tidsdifferanse (%) SL<sup>90%</sup> sammenlignet med SL<sup>85%</sup> og SL<sup>95%</sup> for alle FP (n=14), menn (n=9) og kvinner (n=5). 0-linje representerer gj.snitt for SL<sup>90%</sup>. Pil opp indikerer redusert prestasjon, mens pil ned indikerer forbedret prestasjon. Data presentert som gj.snitt ± KI. \*: signifikant forskjellig fra 0 (SL<sup>90%</sup>), p < 0,05. #: tendens til signifikant forskjell fra 0 (SL<sup>90%</sup>), p < 0,10. .... 31

**Figur 4.4:** Subjektiv opplevd anstrengelse (RPE) i motbakke (S2), flatt (S4) og mål for **A:** alle FP (n=20), **B:** menn (n=11) og **C:** kvinner (n=9). Data presentert som median ± IQR. \*: SL<sup>85%</sup> signifikant forskjellig fra SL<sup>90%</sup>, p < 0,017. \*\*: SL<sup>85%</sup> signifikant forskjellig fra SL<sup>95%</sup>, p < 0,017. #: Tendens til signifikant forskjell mellom SL<sup>85%</sup> og SL<sup>90%</sup>, p < 0,10. ##: Tendens til signifikant forskjell mellom SL<sup>85%</sup> og SL<sup>95%</sup>, p < 0,10. .... 32



**Figur 4.5:** Subjektiv opplevelse av hvilke staver som var raskest i motbakke (S2), flatt terreng (S4) og mål for alle FP (n=20) (sirkel), menn (n=11) (firkant) og kvinner (n=9) (trekant). 0 betyr at SL<sup>90%</sup> opplevdes som raskest. Nærmere 5 betyr at SL<sup>85%</sup> opplevdes som raskere, mens nærmere -5 betyr at SL<sup>95%</sup> opplevdes som raskere. Data presentert som median ± IQR. \* signifikant forskjellig fra SL<sup>90%</sup>, p < 0,05..... 33

## Forkortelser

SL	Stavlengde
SL <sup>85%</sup>	Stavlengde 85% av kroppshøyden
SL <sup>90%</sup>	Stavlengde 90% av kroppshøyden
SL <sup>95%</sup>	Stavlengde 95% av kroppshøyden
FIS	Det internasjonale skiforbundet
O <sub>2</sub> -kostnad	Oksygenkostnad
VO <sub>2maks</sub>	Maksimalt oksygenopptak
GE	Gross efficiency
RPE	«Rating of Perceived Exertion»; Opplevd anstrengelse
FP	Forsøksperson
GNSS	Global Navigation Satellite System
GLONASS	Global Navigation Satellite Systems
IMU	Inertial Measurement Unit
HF <sub>maks</sub>	Maksimal hjertefrekvens
Gj.snitt	Gjennomsnitt
Std.avvik	Standardavvik
IQR	Interkvartildifferanse
KI	Konfidensintervall
ES	Effektstørrelse

## Vedlegg

- Vedlegg I: Informasjonsskriv og samtykkeskjema
- Vedlegg II: Godkjenning fra Norsk Senter for Forskningsdata (NSD)
- Vedlegg III: Godkjenning fra Norges idrettshøgskoles (NIHs) etiske komitè
- Vedlegg IV: Opplevd anstrengelse (modifisert RPE, 1-10)
- Vedlegg V: Opplevelse av staver

## Vedlegg I: Informasjonsskriv og samtykkeskjema



### **Vil du delta i et forskningsprosjekt om stavlengde og prestasjon i skøyting?**

Dette er en forespørsel om å delta i et forskningsprosjekt, der formålet er å undersøke hvordan stavlengde i skøyting påvirker langrennsprestasjonen under en simulert sprint på rulleski. I dette informasjonsskrivet beskrives prosjektet og hva en deltakelse vil innebære for deg som forsøksperson.

### **Formål**

Langrenn er en krevende utholdenhetsidrett som involverer både under- og overekstremiteten, hvor det genereres kraft gjennom ski og staver. Egenskapene til stavene er dermed en faktor for prestasjon. I litteraturen er det gjort flere studier som har sett på stavlengder i klassisk og staking, men i skøyting er det gjort færre studier. Basert på de positive effektene som er vist med lengre stavlengder i staking, kan det ha overføringsverdi til skøyteteknikk - særlig dobbeldans, som har samme bevegelsesmønster for overkroppen som ved staking. Ifølge reglementet av FIS kan utøvere ha stavlengde i skøyting som ikke overstiger utøvers høyde, og de mulige fordelene med å bruke lengre staver er ikke systematisk evaluert. Derfor vil vi undersøke om ulik stavlengde påvirker langrennsprestasjon i skøyting.

### **Hva deltakelse i studien innebærer**

Deltakelse i prosjektet innebærer totalt tre testløp på en dag. Testløpene går på rulleski (skøyting) i en sprintløype med en total distanse på 1,1 km. Hvert testløp har ulik stavlengde (stavlengde på 85%-, 90%- og 95% av utøvers kroppshøyde). Utøverne velger selv teknikktype underveis. Det er 30 sekunders intervallstart, med 40 minutters pause mellom hver test. Før hver test blir det i tillegg

gjennomført en 40 meter hurtighetstest i flatt terreng. NIH står for utstyr av staver og NTG for rulleski på testene, men hver deltaker må ha med egne rulleski og staver til oppvarming. I tillegg må deltakerne bruke egne skøytesko og bruke egen hjelm. Deltakerne får utdelt en GPS-enhet, som påmonteres på ryggen til hver utøver, samt pulsmåler. For så pålitelige resultater som mulig, bes deltakere om å forberede seg til testløpene som man ville forberedt seg til en vanlig konkurranse.

### **Hvorfor får du spørsmål om å delta?**

Du får spørsmål om å delta i prosjektet siden du er en aktiv langrennsløper, og er på et høyt nasjonalt nivå i junior-klassen.

### **Fordeler og ulemper med å delta på prosjektet**

Som deltaker i prosjektet får du et innblikk i idrettsforskning og hvordan dette foregår. Du vil kunne få opplysninger om hvilke stavlengder som påvirker prestasjonen, noe som er nyttig kunnskap for videre trening og konkurranser. Du vil også være med på å tilføre ny kunnskap om skøyteteknikk i langrenn.

Deltakelse i prosjektet innebærer tre testløp på en dag. I tillegg vil deltakelse være fysisk krevende, hvor det kreves maksimal innsats på hver test. Eventuelle farer ved deltakelsen er høy hastighet på rulleski.

### **Opplysninger om deltakere**

Alle personopplysninger vil bli behandlet konfidensielt. Du har rett til innsyn i hvilke opplysninger som er registrert om deg og rett til å få korrigert eventuelle feil i de opplysningene som er registrert. Du har også rett til å få innsyn i sikkerhetstiltakene ved behandling av opplysningene. Det vil ikke være mulig å koble resultat til enkelte utøvere i publikasjon. En tallkode knytter deg til dine opplysninger gjennom en navneliste. Det er kun forskerne i prosjektet som har tilgang til denne listen. Navnelisten destrueres ved prosjektslutt, 31.12.2023.

### **Frivillig deltakelse**

Det er frivillig å delta i prosjektet, og du kan når som helst trekke ditt samtykke uten å gi noen grunn. Dersom du trekker deg, vil alle opplysninger om deg bli

slettet. Det vil ikke ha noen negative konsekvenser for deg hvis du ikke vil delta eller senere velger å trekke deg.

## Godkjenninger

Prosjektet gjennomføres etter godkjenning av etisk komité ved Norges idrettshøgskole. Prosjektet er godkjent av Norsk senter for forskningsdata (NSD). Norges idrettshøgskole er ansvarlig forskningsinstitusjon og prosjektleder er Thomas Losnegard. Alle opplysninger behandles basert på ditt samtykke.

## Dine rettigheter

Så lenge du kan identifiseres i datamaterialet, har du rett til:

- innsyn i hvilke opplysninger vi behandler om deg, og å få utlevert en kopi av opplysningene
- å få rettet opplysninger om deg som er feil eller misvisende
- å få slettet personopplysninger om deg
- å sende klage til Datatilsynet om behandlingen av dine personopplysninger

## Hvor kan jeg finne ut mer?

Hvis du har spørsmål til studien, eller ønsker å vite mer om eller benytte deg av dine rettigheter, ta kontakt med:

- Norges idrettshøgskole ved prosjektleder Thomas Losnegard
  - E-post: [thomasl@nih.no](mailto:thomasl@nih.no)
  - Telefon: 99734184
- Vårt personvernombud: Rolf Haavik
  - E-post: [personvernombud@nih.no](mailto:personvernombud@nih.no)
  - Telefon: 90733760

Hvis du har spørsmål knyttet til NSD sin vurdering av prosjektet, kan du ta kontakt med:

- NSD – Norsk senter for forskningsdata AS på epost ([personverntjenester@nsd.no](mailto:personverntjenester@nsd.no)) eller på telefon: 55 58 21 17.

## Samtykkeerklæring

Jeg har mottatt og forstått informasjonen om dette prosjektet.

Jeg samtykker til: å delta i prosjektet og at mine opplysninger behandles og oppbevares frem til prosjektet er avsluttet

-----

(dato)

-----

(signatur deltaker)

-----

(dato)

-----

(signatur prosjektmedarbieder)

# Vedlegg II: Godkjenning av NSD

Meldeskjema for behandling av personopplysninger

18.01.2023, 11:31



[Meldeskjema](#) / [Effekten av ulik stavlengde på langrennsprestasjon i skøyting](#) / Vurdering

## Vurdering av behandling av personopplysninger

<b>Referansenummer</b> 751623	<b>Vurderingstype</b> Standard	<b>Dato</b> 17.06.2022
----------------------------------	-----------------------------------	---------------------------

### Prosjekttittel

Effekten av ulik stavlengde på langrennsprestasjon i skøyting

### Behandlingsansvarlig institusjon

Norges idrettshøgskole / Institutt for fysisk prestasjonsevne

### Prosjektansvarlig

Thomas Losnegard

### Student

Håkon Abrahamsen Nilsen

### Prosjektperiode

01.08.2022 - 31.12.2023

### Kategorier personopplysninger

Alminnelige

Særlige

### Lovlig grunnlag

Samtykke (Personvernforordningen art. 6 nr. 1 bokstav a)

Uttrykkelig samtykke (Personvernforordningen art. 9 nr. 2 bokstav a)

Behandlingen av personopplysningene er lovlig så fremt den gjennomføres som oppgitt i meldeskjemaet. Det lovlige grunnlaget gjelder til 31.12.2023.

[Meldeskjema](#)

### Kommentar

OM VURDERINGEN

Personverntjenester har en avtale med institusjonen du forsker eller studerer ved. Denne avtalen innebærer at vi skal gi deg råd slik at behandlingen av personopplysninger i prosjektet ditt er lovlig etter personvernregelverket.

Personverntjenester har nå vurdert den planlagte behandlingen av personopplysninger. Vår vurdering er at behandlingen er lovlig, hvis den gjennomføres slik den er beskrevet i meldeskjemaet med dialog og vedlegg.

Vurderingen fortsetter at prosjektet gjennomføres i tråd med NIHs etiske komité i vedtak av 25.05.2022.

### VIKTIG INFORMASJON TIL DEG

Du må lagre, sende og sikre dataene i tråd med retningslinjene til din institusjon. Dette betyr at du må bruke leverandører for spørreskjema, skylagring, videosamtale o.l. som institusjonen din har avtale med. Vi gir generelle råd rundt dette, men det er institusjonens egne retningslinjer for informasjonssikkerhet som gjelder.

### TYPE OPPLYSNINGER OG VARIGHET

Prosjektet vil behandle alminnelige personopplysninger, og særlige kategorier av personopplysninger om helseopplysninger frem til 31.12.2023.

<https://meldeskjema.sikt.no/627d559e-f38e-4417-b53c-7316338b6c39/vurdering>

Side 1 av 3



**LOVLIG GRUNNLAG**

Prosjektet vil innhente samtykke fra de registrerte til behandlingen av personopplysninger. Vår vurdering er at prosjektet legger opp til et samtykke i samsvar med kravene i art. 4 nr. 11 og 7, ved at det er en frivillig, spesifikk, informert og utvetydig bekreftelse, som kan dokumenteres, og som den registrerte kan trekke tilbake.

For alminnelige personopplysninger vil lovlig grunnlag for behandlingen være den registrertes samtykke, jf. personvernforordningen art. 6 nr. 1 a.

Behandlingen av særlige kategorier av personopplysninger er basert på uttrykkelig samtykke fra den registrerte, jf. personvernforordningen art. 6 nr. 1 a og art. 9 nr. 2 a.

**PERSONVERNPRINSIPPER**

Personverntjenester vurderer at den planlagte behandlingen av personopplysninger vil følge prinsippene i personvernforordningen:

- om lovlighet, rettferdighet og åpenhet (art. 5.1 a), ved at de registrerte får tilfredsstillende informasjon om og samtykker til behandlingen
- formålsbegrensning (art. 5.1 b), ved at personopplysninger samles inn for spesifikke, uttrykkelig angitte og berettigede formål, og ikke viderebehandles til nye uforenlige formål
- dataminimering (art. 5.1 c), ved at det kun behandles opplysninger som er adekvate, relevante og nødvendige for formålet med prosjektet
- lagringsbegrensning (art. 5.1 e), ved at personopplysningene ikke lagres lenger enn nødvendig for å oppfylle formålet.

**DE REGISTRERTES RETTIGHETER**

Vi vurderer at informasjonen om behandlingen som de registrerte vil motta oppfyller lovens krav til form og innhold, jf. art. 12.1 og art. 13.

Så lenge de registrerte kan identifiseres i datamaterialet vil de ha følgende rettigheter: innsyn (art. 15), retting (art. 16), sletting (art. 17), begrensning (art. 18) og dataportabilitet (art. 20).

Vi minner om at hvis en registrert tar kontakt om sine rettigheter, har behandlingsansvarlig institusjon plikt til å svare innen en måned.

**FØLG DIN INSTITUSJONS RETNINGSLINJER**

Personverntjenester legger til grunn at behandlingen oppfyller kravene i personvernforordningen om riktighet (art. 5.1 d), integritet og konfidensialitet (art. 5.1 f) og sikkerhet (art. 32).

Ved bruk av databehandler (spørreskjemalerverandør, skylagring eller videosamtale) må behandlingen oppfylle kravene til bruk av databehandler, jf. art 28 og 29. Bruk leverandører som din institusjon har avtale med.

For å forsikre dere om at kravene oppfylles, må prosjektansvarlig følge interne retningslinjer/rådføre dere med behandlingsansvarlig institusjon.

**MELD VESENTLIGE ENDRINGER**

Dersom det skjer vesentlige endringer i behandlingen av personopplysninger, kan det være nødvendig å melde dette til oss ved å oppdatere meldeskjemaet. Før du melder inn en endring, oppfordrer vi deg til å lese om hvilken type endringer det er nødvendig å melde:

<https://www.nsd.no/personverntjenester/fylle-ut-meldeskjema-for-personopplysninger/melde-endringer-i-meldeskjema>

Du må vente på svar fra oss før endringen gjennomføres.

**OPPFØLGING AV PROSJEKTET**

Vi vil følge opp ved planlagt avslutning for å avklare om behandlingen av personopplysningene er avsluttet.

Kontaktperson hos oss: Sturla Herfindal

Lykke til med prosjektet!

## Vedlegg III: Godkjenning fra NIHs etiske komitè

Thomas Losnegard  
Institutt for fysisk prestasjonsevne

OSLO 25. mai 2022

### Søknad 228 – 160622 – Effekten av ulik stavlengde på langrennsprestasjon i skøyting

Vi viser til søknad, prosjektbeskrivelse, informasjonsskriv og innsendt melding til NSD.

I henhold til retningslinjer for behandling av søknad til etisk komite for idrettsvitenskapelig forskning på mennesker, har leder av komiteen på fullmakt fra komiteen konkludert med følgende:

#### Vurdering

Deltakerne er godt trente utøvere mellom 16 og 19 år som er elever ved videregående toppidrettskoler. For å redusere et mulig opplevd press for å delta bør det komme tydelig frem at deltakelse i prosjektet er frivillig ved f. eks å gi muntlig informasjon om dette i tillegg til i informasjonsskrivet. Testene som skal gjennomføres er ikke mer belastende enn en hard treningsøkt eller en konkurranse. Komiteen forutsetter at det gjennomføres en screening som sikrer at deltakere som pga sykdom, skader eller lignende ikke bør inkluderes. I tillegg bør det etableres en form for beredskap dersom det oppstår skader under gjennomføringen av testene. Det fremgår av søknaden at det skal gjennomføres et pilotprosjekt hvor testutstyr og prosedyrer vil bli testet. Komiteen forutsetter at deltakerne i pilotprosjektet er vant til rulleskøyter med høy fart og at prosjektleder påser at de ikke har sykdom, skader eller lignende som gjør at de ikke bør delta. Det bør også være en form for beredskap ved ev skader. Dersom det skal registreres persondata i pilotprosjektet må det utarbeides et informasjonsskriv til pilotdeltakerne.

#### Vedtak

*På bakgrunn av forelagte dokumentasjon finner komiteen at prosjektet er forsvarlig og at det kan gjennomføres innenfor rammene av anerkjente etiske forskningsetiske normer nedfelt i NIHs retningslinjer. Til vedtaket har komiteen lagt følgende forutsetning til grunn:*

- *Vilkår fra NSD følges*
- *Det understrekes at deltakelse i prosjektet er frivillig*

**NIH** NORGES  
IDRETTSHØGSKOLE

Besøksadresse: Sognsveien 220, Oslo  
Postadresse: Pb 4014 Ullevål Stadion, 0806 Oslo  
Telefon: +47 23 26 20 00, postmottak@nih.no  
[www.nih.no](http://www.nih.no)

- *Det gjennomføres en screening av deltakerne både i hovedprosjektet og i pilotprosjektet*
- *Det etableres en form for beredskap for eventuelle skader under gjennomføring av testene både i hovedprosjektet og i pilotprosjektet*
- *Dersom det i pilotprosjektet skal registreres persondata må det utarbeides et samtykkeskjema til deltakerne.*

Komiteen gjør oppmerksom på at vedtaket er avgrenset i tråd med fremlagte dokumentasjon. Dersom det gjøres vesentlige endringer i prosjektet som kan ha betydning for deltakernes helse og sikkerhet, skal dette legges fram for komiteen før eventuelle endringer kan iverksettes.

Med vennlig hilsen



Professor Anne Marte Pensgaard  
Leder, Etisk komite, Norges idrettshøgskole

**Vedlegg IV: Opplevd anstrengelse (modifisert RPE, 1-10)**

<b>NIVÅ</b>	<b>FØLT ANSTRENGELSE</b>
<b>1</b>	<b>Veldig, veldig lett</b>
<b>2</b>	
<b>3</b>	<b>Veldig lett</b>
<b>4</b>	
<b>5</b>	<b>Behagelig anstrengende</b>
<b>6</b>	
<b>7</b>	<b>Anstrengende</b>
<b>8</b>	
<b>9</b>	<b>Veldig anstrengende</b>
<b>10</b>	

## Vedlegg V: Opplevelse av staver

# Opplevelse av staver

- Hvilke av stavene følte du gikk raskest?

<b>Rating</b>	<b>Opplevd følelse</b>
<b>5</b>	<b>Korte raskest (SL<sup>85%</sup>)</b>
<b>4</b>	
<b>3</b>	
<b>2</b>	
<b>1</b>	
<b>0</b>	<b>Selvvalgt raskest (SL<sup>90%</sup>)</b>
<b>1</b>	
<b>2</b>	
<b>3</b>	
<b>4</b>	
<b>5</b>	<b>Lange raskest (SL<sup>95%</sup>)</b>