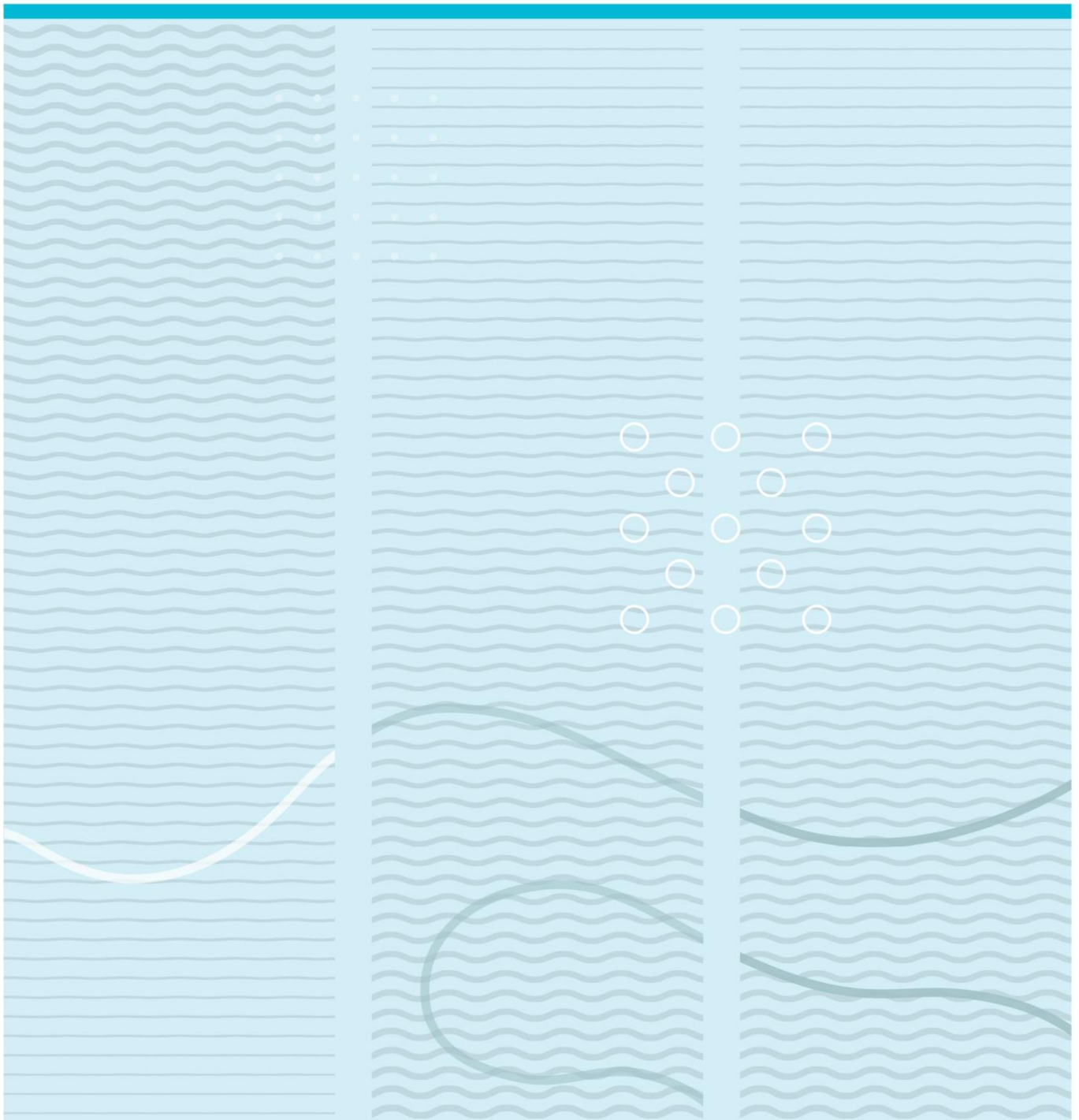


Lars Erik Gjerløw

## Fysiologiske prestasjonsbestemmende faktorer i staking på rulleski



Høgskolen i Sørøst-Norge  
Fakultet for humaniora, idretts- og utdanningsvitenskap (HiU)  
Institutt for idretts- og friluftslivsfag  
Postboks 235  
3603 Kongsberg

<http://www.usn.no>

© 2017 Lars Erik Gjerløw

Denne avhandlingen representerer 60 studiepoeng

## Sammendrag

**Formål:** Formålet var å studere potensielle sammenhenger mellom fysiologiske og antropometriske variabler og en prestasjonstest på rulleski i rulleskiløype (TT), samt en utmattelsestest på rulleskimølle (TE) for en gruppe juniorlangrennsløpere. **Metode:** Totalt 34 kvinnelige og mannlige langrennsløpere på nasjonalt nivå i alderen 17-23 år deltok i studien. Det ble gjort registreringer av kroppsvekt og kroppshøyde og beregning av body mass index (BMI). Deltakerne ble testet i de fysiologiske variablene maksimalt oksygenopptak ( $VO_{2max}$ ) i løping og staking, arbeidsøkonomi i staking (Cp), laktatterskel (LT), 1 repetisjon maksimum (1 RM) og effekt (W) i nedtrekk og beinpress. I tillegg ble det gjennomført to prediktive tester for prestasjon: en 5,64 km prestasjonstest i staking i rulleskiløype (TT) og en RAMP utmattelsestest gjennomført på rulleskimølle (TE). **Resultat:** De fysiologiske enkeltvariablene som korrelerte best med langrennsprestasjon, i form av tid brukt i testløpet, i denne studien var  $VO_{2max}$  staking uttrykt som  $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$  ( $r = -0,81$ ,  $r^2 = 0,66$ ,  $p < 0,01$ ,  $SEE = 9,7\%$ ) og  $VO_{2max}$  løp uttrykt i forhold til kroppsvekt<sup>0,67</sup> ( $r = -0,80$ ,  $r^2 = 0,63$ ,  $p < 0,01$ ,  $SEE = 10,1\%$ ). For styrkevariablene var det 1 RM nedtrekk, uttrykt i forhold til kroppsvekt<sup>0,67</sup>, som korrelerte best med tid brukt i testløpet ( $r = -0,75$ ,  $r^2 = 0,56$ ,  $p < 0,01$ ,  $SEE = 11,2\%$ ). Både en sammensatt utholdenhetsformel ( $r = -0,81$ ,  $r^2 = 0,66$ ,  $p < 0,01$ ,  $SEE = 9,7\%$ ) og en prestasjonsformel ( $r = -0,80$ ,  $r^2 = 0,63$ ,  $p < 0,01$ ,  $SEE = 10,1\%$ ) viste sterk sammenheng med prestasjonstesten på rulleski, men ikke større sammenheng enn  $VO_{2max}$  alene. **Konklusjon:** I denne kartleggingsstudien på juniorlangrennsløpere ble det funnet best sammenheng mellom tidsprestasjon staking i en rulleskiløype over 5,6 km og de fysiologiske variablene  $VO_{2max}$  og 1RM nedtrekk.

# Forord

Jeg vil først benytte anledningen til å takke for muligheten til å ha fått være med på et veldig interessant forskningsprosjekt i regi av Høgskolen i Sørøst-Norge i samarbeid med Olympiatoppen. En takk rettes også til alle deltakerne som var med i prosjektet. Dette har gitt grunnlag for et solid datamateriale til min mastergradsavhandling.

Arbeidet med testing, datainnsamling, et dypdykk i et variert utvalg av litteratur og en omfattende skriveprosess har vært interessant, spennende, krevende og lærerikt. Totalt sett en veldig fin opplevelse og erfaring som gir motivasjon til veien videre.

Avslutningsvis vil jeg rette en stor takk til mine veiledere Arnstein Sunde og Øyvind Støren for god og konstruktiv veiledning, gode faglige diskusjoner, tiden til å svare på alt av spørsmål som har dukket opp underveis og til slutt for at dere har inspirert meg med deres kunnskap og engasjement for faget.

Bø i Telemark, 24.05.2017

Lars Erik Gjerløw

# Innholdsfortegnelse

<b>Sammendrag .....</b>	<b>3</b>
<b>Forord .....</b>	<b>4</b>
<b>1 Teori.....</b>	<b>7</b>
1.1 Langrenns egenart .....	7
1.1.1 Staking .....	9
1.2 Fysiologiske arbeidskrav i langrenn .....	10
1.2.1 Maksimalt oksygenopptak.....	12
1.2.2 Arbeidsøkonomi.....	20
1.2.3 Laktatterskel.....	22
1.2.4 Utnyttingsgrad .....	23
1.2.5 Betydningen av maksimal- og eksplosiv styrke på langrennsprestasjon .....	24
1.2.6 Antropometri .....	30
1.3 Hvilke fysiologiske faktorer er viktig for stakereprestasjon .....	31
1.4 Problemstilling .....	31
<b>2 Metode.....</b>	<b>32</b>
2.1 Metodisk tilnærming .....	32
2.2 Forsøkspersoner .....	32
2.3 Testprosedyrer .....	34
2.3.1 Antropometriske mål.....	34
2.3.2 Maksimalt oksygenopptak ( $VO_{2maks}$ ) løping, og maksimalt oksygenopptak og utmattelsestest på rulleskimølle.....	34
2.3.3 Prestasjonstest i rulleskiløype .....	36
2.3.4 Arbeidsøkonomi og laktatterskel i staking .....	38
2.3.5 Maksimal- og eksplosiv styrke i nedtrekk og beinpress.....	39
2.4 Allometrisk skalering.....	40
2.5 Statistiske analyser .....	40
<b>3 Resultater .....</b>	<b>41</b>
<b>4 Diskusjon.....</b>	<b>48</b>
4.1 Relasjonen mellom $VO_{2maks}$ og prestasjon .....	49
4.2 Relasjonen mellom arbeidsøkonomi og prestasjon.....	50
4.3 Relasjonen mellom LT og prestasjon .....	51

4.4	Relasjonen mellom maksimal styrke og prestasjon.....	52
4.5	Prediktive tester for prestasjon .....	55
4.6	Prestasjonsformler og prestasjon.....	55
4.7	Antropometri og prestasjon.....	56
4.8	Metodiske betraktninger .....	57
4.9	Praktiske implikasjoner .....	59
<b>5</b>	<b>Konklusjon .....</b>	<b>60</b>
<b>6</b>	<b>Litteratur.....</b>	<b>61</b>
<b>Vedlegg 1</b>	<b>.....</b>	<b>67</b>
<b>Vedlegg 2</b>	<b>.....</b>	<b>68</b>
<b>Vedlegg 3</b>	<b>.....</b>	<b>71</b>

# 1 Teori

## 1.1 Langrenns egenart

Langrenn er en typisk utholdenhetsidrett (Ø. Sandbakk & Tønnessen, 2012). Langrenn har gjennom historien utviklet seg fra å være en intervallstartøvelse i naturlig skogsterreng i klassisk stil til i dag å omfatte et spekter av øvelser i perfekt preparerte og stadioninnrammede løyper, der den klassiske diagonalgangen stadig utfordres av raskere måter å vinne terreng på (Gotaas, 2010). I langrenn konkurreres det i ulike øvelser, distanser og stilarter, både individuelt og som lag. Individuelt konkurreres det i distanser fra 5 kilometer, helt opp til 50 kilometer, i det som omtales som distanselangrenn. I en egen serie for lengre løp konkurreres det i distanser opp til 90 km. (Ø. Sandbakk & Tønnessen, 2012). Det varieres mellom individuell start, fellesstart og jaktstart, i tillegg til hvilken stilart som benyttes. I den relativt nye øvelsen skiathlon bytter til og med utøverne stilart midtveis i løpet (Ø. Sandbakk & Tønnessen, 2012).

Sprint er et relativt nytt tilskudd til langrennskonkurransene, og etablerte seg i løpet av 1990-tallet (Ø. Sandbakk & Holmberg, 2014; Ø. Sandbakk & Tønnessen, 2012). Her konkurrerer seks og seks utøvere mot hverandre i potensielt fire heat – en innledende prolog, kvartfinale, semifinale og finale der vinneren står igjen til slutt (Stoggl, Lindinger, & Muller, 2007). Lengden på løypa er rundt halvannen kilometer, og skiller seg fra tradisjonelt distanselangrenn både i forhold til distanse, konkurransetid og format. (Ø. Sandbakk & Holmberg, 2014; Ø. Sandbakk & Tønnessen, 2012).

### Løypeutforming

Løypene som blir benyttet i internasjonale konkurranser i langrenn er av stor variasjon hva gjelder lengde og terreng. Løypene på de fleste distanser er lagt opp slik at løperne går flere runder for å fullføre den totale distansen. Rundene er ofte like, men i enkelte tilfeller brukes det også forskjellige runder. Felles for konkurranseløypene er at de skal inneholde én tredel motbakke, én tredel flatt terreng og én tredel nedoverbakke (O. Sandbakk & Holmberg, 2017). Bolger, Kocbach, Hegge, og Sandbakk (2015) viste at omtrent 55 % av løpstiden blir benyttet på å forsere motbakker, mens 15-20 % av tiden ble brukt i flatt terreng og 25-30 % i partier med nedoverbakke. Arbeidsintensiteten er

gjennomgående høyere i motbakkene enn på flatene og i nedoverbakkene. I langrenn er det vist at utøverne i noe grad arbeider på en intensitet over det maksimale oksygenopptaket i motbakkene, men kan i motsetning til blant annet løping benytte seg av nedoverbakkene og lettere partier av løypa til å hente seg inn igjen (Bolger et al., 2015; Mahood, Kenefick, Kertzer, & Quinn, 2001; O. Sandbakk & Holmberg, 2017).

### **Konkurransreform**

I langrenn konkurreres det i flere ulike konkurransereformer. De ulike konkurransene er fordelt på individuell start, fellesstart og jaktstart. I internasjonale mesterskap de siste årene er det en klar overvekt av konkurranser som er utformet med fellesstart, hele 10 av 12. Som en del av utviklingen i langrennssporten er nettopp konkurransenes format noe av det som har endret seg en god del, og taktiske disponeringer underveis i løpene har vært med å endre arbeidskravene for å lykkes i noen typer løp (O. Sandbakk & Holmberg, 2017; Ø. Sandbakk & Holmberg, 2014).

De løpene som fortsatt går med individuell start blir gjerne vunnet av de løperne med høy aerob utholdenhet som evner å arbeide tett opptil til sin kapasitet og holde jevn fart gjennom hele konkurransen. I konkurranser der løperne starter samtidig er det vist at arbeidskravene endres noe ut i fra hvordan konkurransen utvikler seg. Grunnen er blant annet at flere av konkurransene avgjøres mot slutten med hurtige akselerasjoner og rykk i ulike terrengetyper og med høyhastighetsspurter på oppløpet (T. Losnegard, Myklebust, & Hallen, 2012). I tillegg har den gjennomsnittlige hastigheten økt på alle distanser, i alle de ulike konkurransereformene. I sprint er det vist at hastigheten er så mye som 20 % høyere enn tidligere. I distanselangrenn, på henholdsvis 10 km for kvinner og 15 km for menn, har hastigheten økt med 5-8 % (Thomas Losnegard, 2013). Nyere konkurransereformer som er utviklet i senere tid, kombinert med raskere ski og dermed høyere hastigheter er vist å sette høyere krav til styrke, teknikk, hurtighet og den anaerobe utholdenheten (T. Losnegard et al., 2012). Det er også vist at nevrologiske og anaerobe faktorer spiller en viktig rolle i energiomsetningen når aktiviteten foregår i stor hastighet, og stiller større krav enn det aerob energiomsetning kan tilfredsstille. Dette samsvarer med langrenns økende krav til maksimal fart og store



fartsressurser i lett terreng og mot slutten av løp (Paavolainen, Nummela, & Rusko, 2000).

### **Teknikk i langrenn**

I langrenn deles teknikken først opp i to stilarter, klassisk og skøyting. Deretter kan man videre dele klassisk og skøyting i fire underteknikker for hver av stilartene. I klassisk heter underteknikkene diagonalgang, dobbelttak med fraspark, staking/dobbelttak og fiskebein. I skøyting blir teknikken delt inn i fem ulike underteknikker som benyttes i forskjellige terrengetyper. Felles for de to stilartene er at underteknikkene er hastighetsavhengige (O. Sandbakk & Holmberg, 2017; Ø. Sandbakk & Tønnessen, 2012). På grunn av bedre utstyr, bedre preparerte løyper og dermed høyere hastigheter blir det regnet som et viktig arbeidskrav å kunne utvikle god teknikk i høye hastigheter og evne å tilpasse teknikken i forhold til ulike terrengetyper (Ø. Sandbakk & Tønnessen, 2012). Andersson et al. (2010) viste at langrennsløpere på elitenivå skiftet teknikk mellom 21 og 34 ganger i løpet av en test gjennomført i en sprintløype (1425 meter) med maksimalt innsats. I distanselangrenn er det estimert at langrennsløpere skifter teknikk flere hundre ganger i løpet av en konkurranse (O. Sandbakk & Holmberg, 2017). Samtidig som at effektiv teknikk i lettere terreng og høyere hastigheter har blitt et viktigere arbeidskrav, spesielt i avslutningen av konkurranser, er fortsatt teknikk i motbakke av stor betydning. Selv om løypa er inndelt slik at det finnes én tredel av hver ulike terrengetype, er det likevel slik at omtrent 50 % av tidsbruken i konkurransesammenheng foregår i motbakke (O. Sandbakk & Holmberg, 2017). Andersson et al. (2010) fant at tiden brukt i motbakkeseksjonene i en sprintløype var av størst betydning for den totale prestasjonen i sprint.

#### **1.1.1 Staking**

Felles for de ulike teknikkene i langrenn er at det stilles store krav til at man kan oppnå en stor andel av sin aerobe kapasitet i den benyttede teknikken. I staking er det vist at løpere på elitenivå tester opp mot 95 % av sin aerobe kapasitet (Ø. Sandbakk & Tønnessen, 2012). Staking er først og fremst en høyhastighetsteknikk som benyttes i flatt terreng og slake partier der farten er høy (Ø. Sandbakk & Tønnessen, 2012). I dag, i motsetning til for noen tiår siden, er staking vist å være en viktigere del av klassisk stil i

den grad at denne underteknikken blir brukt i større del av konkurransene (Holmberg, Lindinger, Stoggl, Eitzlmair, & Muller, 2005; Thomas Losnegard, 2013). På bakgrunn av den økte hastigheten i langrenn, i samarbeid med utvikling av teknikken, kan også høyhastighetsteknikker nå benyttes i mer kupert terrengtyper. Stoggl et al. (2007) undersøkte betydningen av maksimal hastighet i staking og prestasjon i en sprintløype, og fant høy korrelasjon mellom de to variablene. Her ble det omtalt at noe av grunnen til den høye korrelasjonen kunne skyldes at deltakerne benyttet seg av staketeknikken i store deler av løypa.

## 1.2 Fysiologiske arbeidskrav i langrenn

Langrennssportens egenart og utvikling av ulike prestasjonsbestemmende faktorer som teknikk, utstyr, løypeutforming og konkurranseformer setter rammene for de ulike arbeidskravene som stilles i denne idretten. Ø. Sandbakk og Tønnessen (2012) trekker frem utholdenhet, teknikk, hurtighet og styrke som de viktigste fysiske arbeidskravene for å prestere på et høyt nivå i langrenn. På grunn av varigheten i distanselangrenn, som strekker seg fra 10 minutter til 120 minutter, er spesielt den aerobe utholdenheten regnet som en avgjørende faktor for prestasjon (Mahood et al., 2001; Ø. Sandbakk & Holmberg, 2014). Den aerobe utholdenheten er av Pate og Kriska (1984) definert som «organismens evne til å arbeide med relativt høy intensitet over lengre tid». Den aerobe utholdenheten er nært knyttet til den aerobe energiomsetning som foregår i arbeidende muskulatur under aktivitet, der man har oksygen tilgjengelig. I langrenn er det vist at omtrent 85-95 % av den totale energiomsetningen foregår aerobt i distanselangrenn mens verdien er omtrent 70-75 % i sprint (O. Sandbakk & Holmberg, 2017).

På grunn av løpenes ulike varighet, vil kravet til aerob kapasitet variere noe fra øvelse til øvelse (Thomas Losnegard, 2013). T. Losnegard et al. (2012) viste at fordelingen mellom aerob og anaerob energifrigjøring er omtrent likestilt etter 35 sekunder av en 600 m rulleskitest i skøyting med en varighet på omtrent 150 sekunder. I Medbo og Tabata (1989) ble det vist lignende resultater i en test på ergometersyssel. Resultatene viste at det aerobe og det anaerobe energibidraget var omtrent likestilt etter en test som omfattet ett minutt sykling med maksimal intensitet. Av denne grunn er det naturlig at

utøvernes aerobe kapasitet er av stor betydning både i sprint og i distanselangrenn. Den anaerobe energiomsetningen står for 5-15 % i distanselangrenn og 25-30 % i sprint, og utgjør dermed den resterende delen av den totale energiomsetningen. T. Losnegard et al. (2012) viste at anaerob kapasitet spiller en viktig rolle i sprint, samtidig som aerob kapasitet fortsatt er svært viktig. Den anaerobe energiomsetningen er vist å bidra i større grad i forbindelse med fartsøkninger over kortere tid, rykk, spurt og i motbakker (Ø. Sandbakk & Tønnessen, 2012). Fordelingen mellom det aerobe og det anaerobe energibidraget viser likevel at den aerobe kapasiteten er regnet som den viktigste for langrennsprestasjonen.

## Utholdenhetsprestasjon

Kartleggingsstudier som omhandler prestasjon i aerobe utholdenhetsidretter trekker i hovedsak frem tre faktorer som de viktigste for å prestere i utholdenhetsidrett: maksimalt oksygenopptak ( $VO_{2maks}$ ), laktatterskel (LT) og arbeidsøkonomi (C) (Pate & Kriska, 1984). di Prampero (2003) benytter utnyttingsgrad i stedet for laktatterskel, men bruker ellers den samme tredelingen for å forklare utholdenhetsprestasjon fysiologisk. Mens Pate og Kriska (1984) relaterer de ulike fysiologiske variablene til et utholdenhetstall (som ideelt sett er så høyt som mulig), benytter di Prampero (2003) seg av tidsbruk per distanse (som ideelt sett er så lav som mulig). For å beregne utholdenhetsprestasjonen generelt er man således avhengig av å vite utøverens  $VO_{2maks}$ , C, LT eller utnyttingsgrad, og utøverens anaerobe kapasitet. Disse fire faktorene har vist seg å bestemme 95 % av utholdenhetsprestasjon i temposykling med en gjennomsnittlig varighet på ca. 30 minutter (Storen, Ulevag, Larsen, Stoa, & Helgerud, 2013) basert på følgende formel;

$$\text{Snittswatt} = \frac{\text{Utnyttingsgrad}}{100} \cdot 0,95 \frac{VO_{2max}}{C} + 0,05 \cdot \text{Anaerob kapasitet},$$

hvor snittswatt er gjennomsnittswatt gjennom tempotesten og anaerob kapasitet er snittswatt gjennom en 30 sekunders Wingate-test (Storen et al., 2013).

Den anaerobe kapasiteten er her omtalt som den totale mengden energi som kan utnyttes gjennom anaerob energiomsetning (di Prampero, 2003). Bassett og Howley (2000) tar utgangspunkt i at en hovedsakelig aerob utholdenholdenhetsprestasjon

inkluderer  $VO_{2maks}$ , LT, utnyttingsgrad og arbeidsøkonomi. Disse faktorene vil også bli omtalt i det følgende.

### 1.2.1 Maksimalt oksygenopptak

Av de ulike faktorene som er trukket frem som avgjørende for utholdenhetsprestasjon, kan en utøvers  $VO_{2maks}$  sies å være den viktigste enkeltfaktoren i et heterogent utvalg (Helgerud et al., 2007). Maksimalt oksygenopptak kan defineres som kroppens maksimale evne til å ta opp og omsette oksygen under intensiv aktivitet (Bassett & Howley, 2000). Oksygenopptaket avgjøres og begrenses av ulike komponenter som blant annet hjertets pumpekapasitet, gassutvekslingen i lungene, oksygentransporten i blodet og de arbeidende musklens evne til å omsette oksygenet til videre energiomsetning (Larsen & Sheel, 2015). I langrenn er det funnet svært høye  $VO_{2maks}$ -verdier hos løpere som presterer på høyt internasjonalt nivå. Saltin og Astrand (1967) fant verdier på mellom 75 og 85  $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$  hos mannlige løpere og 55-65  $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$  hos kvinnelige løpere. Utvalget bestod av løpere på det svenske landslaget i langrenn (Saltin & Astrand, 1967; Tonnessen, Haugen, Hem, Leirstein, & Seiler, 2015). Ø. Sandbakk og Holmberg (2014) opererer med lignende men høyere verdier hva gjelder maksimalt oksygenopptak, henholdsvis 80-90  $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$  hos mannlige løpere og 70-80  $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$  hos kvinnelige løpere. Dette viser at spesielt nivået på de kvinnelige løperne har utviklet seg de siste tiårene. Tidligere studier har funnet god sammenheng mellom  $VO_{2maks}$  og langrennsprestasjon (Alsobrook & Heil, 2009; U. Bergh, 1987; Ingjer, 1991; Larsson, Olofsson, Jakobsson, Burlin, & Henriksson-Larsen, 2002; Mahood et al., 2001; Mygind, Andersen, & Rasmussen, 1994; Mygind, Larsson, & Klausen, 1991; Niinimaa, Dyon, & Shephard, 1978). Høye verdier for maksimalt oksygenopptak er også funnet hos utøvere i andre utholdenhetsidretter, deriblant langdistanseløpere. Saltin et al. (1995) fant en gjennomsnittlig  $VO_{2maks}$  hos en gruppe mannlige eliteløpere på henholdsvis 79,9  $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$  for et utvalg kenyanske utøvere og 79,2  $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$  for et utvalg skandinaviske utøvere. I større sammenheng, ved hjelp av en rekke studier som er gjort på det samme, er det vanlig å benytte seg av et intervall på 70-85  $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$  for mannlige utøvere og med verdier omtrent 10 % lavere for kvinnelige utøvere (Larsen & Sheel, 2015; Saltin & Astrand, 1967; Saltin et al., 1995) i typiske aerobe utholdenhetsidretter hvor utøverne holder internasjonal klasse. Det er derfor ikke

overraskende at det også er funnet god sammenheng mellom  $VO_{2maks}$  og prestasjon i løping (Paavolainen et al., 2000; Stoa, Storen, Enoksen, & Ingjer, 2010; Storen, Helgerud, Stoa, & Hoff, 2008) og sykling (Bentley, McNaughton, Thompson, Vleck, & Batterham, 2001; Storen et al., 2013). I mer homogene utvalg, der deltakerne har relativt liten variasjon i  $VO_{2maks}$ , er det derimot vist at  $VO_{2maks}$  har mindre betydning for prestasjon (Rundell & Bacharach, 1995; Sjodin & Svedenhag, 1985).

#### *1.2.1.1 Allometrisk skalering*

Maksimalt oksygenopptak er tradisjonelt oppgitt som  $L \cdot \text{min}^{-1}$  eller  $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ .  $VO_{2maks}$  oppgitt som  $L \cdot \text{min}^{-1}$  gir et bilde av kroppens totale kapasitet til å ta opp og omsette oksygen, men tar ikke hensyn til en utøvers kroppsvekt.  $VO_{2maks}$  oppgitt som  $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  er den vanligste benevnelsen for aerob kapasitet fordi den tar hensyn til utøvernes kroppsvekt, og slik sett er et kondisjonstall ved vektbærende idrett eller aktivitet. Med stor sannsynlighet er dette likevel en upresis skalering når man skal vurdere den aerobe kapasiteten til utøvere med ulik kroppsvekt (Chamari et al., 2005). Grunnen er at oksygenopptaket per kilogram ikke øker proporsjonalt med kroppsvekten, og derfor favoriserer utøvere med lavere kroppsvekt. For å vurdere maksimalt oksygenopptak mer presist i forhold til prestasjon i ulike idretter bør man derfor benytte en skalert verdi for kroppsmassen som skal forflyttes, tilpasset den idretten som utøves. Det er vist at kroppsmassen, oppgitt som kilogram, bør opphøydes med verdier i intervallet 0,75-0,94 (Chamari et al., 2005). U. Bergh (1987) foreslår, med begrunnelse i dels overflate delt på volum og dels prestasjon i klassisk langrenn å bruke eksponenten 0,67 for kroppsmasse, altså å uttrykke  $VO_{2maks}$  som  $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-0,67} \cdot \text{min}^{-1}$ . Imidlertid har Carlsson, Carlsson, Hammarstrom, Malm, og Tonkonogi (2013) i et småkuppert terreng og med det svenske skilandslaget funnet at  $VO_{2maks}$  uttrykt per kg kroppsvekt med en eksponent på 0,48 best predikerte prestasjonen i løypa.

#### *1.2.1.2 Testing av maksimalt oksygenopptak*

For å bestemme maksimalt oksygenopptak benyttes det standardiserte tester for ulike bevegelsesformer som involverer store muskelgrupper, og enten direkte eller indirekte måler oksygenopptaket i kroppen (Bahr, Hallén, & Medbø, 1991). Det benyttes ulike ergometerapparater som løpeergometer, sykkelergometer og skiergometer for å gjennomføre testene (Bahr et al., 1991). Flere har undersøkt betydningen av valg av

bevegelsesform i testen for å kunne relatere resultatet til prestasjon ulike idretter. Ni Cheilleachair, Harrison, og Warrington (2017) fant at wattproduksjonen ved  $VO_{2maks}$  ( $WVO_{2maks}$ ) forklarte 95 % av prestasjonen på en 2000 meter rotest. Det har også blitt funnet at de fleste måler et noe høyere maksimalt oksygenopptak ved løping enn ved sykling – og for så vidt de fleste andre idretter eller bevegelsesformer, siden løping er vår mest naturlige bevegelsesform ved maksimalt helkroppsarbeid (Bilodeau, Roy, & Boulay, 1995; Åstrand & Rodahl, 2003). Det har blitt foreslått at testing av det maksimale oksygenopptaket burde gjøres så spesifikt opp til den idretten det skal testes mot på grunn av de ulike tilpasningene som skjer ved systematisk trening av den gitte aktiviteten (Bilodeau et al., 1995; Mygind et al., 1991; Stromme, Ingjer, & Meen, 1977). Innen langrenn har det blitt vist at testing av maksimal oksygenopptak gjort på rulleskimølle eller annen form for skiergometer der også overkroppsarbeid er inkludert kan predikere langrennsprestasjon bedre enn  $VO_{2maks}$  testet ved løping (Bilodeau et al., 1995; Mahood et al., 2001; Mygind et al., 1991; Rundell, 1995).

#### *1.2.1.3 Hva bestemmer maksimalt oksygenopptak*

Det maksimale oksygenopptaket oppnås vanligvis under arbeid der flere og store muskelgrupper er involvert, og setter en øvre grense på hvor stor den aerobe energiomsetningen kan være (Joyner & Coyle, 2008; Mahood et al., 2001). Det er både sentrale og perifere faktorer som bestemmer den totale aerobe kapasiteten. Disse kan gjerne deles inn i de organer og vev som sørger for tilførselen av oksygen til den arbeidende muskulaturen (supply) og de faktorene som bestemmer hvor mye av oksygenet som blir tatt opp og utnyttet gjennom energiproduksjon i muskelcellene (demand).  $VO_{2maks}$  blir altså definert som produktet av supply og demand, der supply i hovedsak bestemmes av hjertets minuttvolum og demand av den arterio-venøse oksygendifferansen (Wagner, 2000).

#### *1.2.1.4 Supply*

Mitokondrienes tilgang til oksygen er avgjørende for den aerobe energiproduksjonen, og kroppens transport av oksygen til de arbeidende muskelcellene regnes som en svært sentral del av den aerobe kapasiteten (Bassett & Howley, 2000). Kroppens transport av oksygen til arbeidende muskulatur kan deles inn i tre ledd: lungenes diffusjonskapasitet, blodets transportkapasitet og hjertets pumpekapasitet. Av disse tre leddene er det

hjertets pumpekapasitet som regnes som den viktigste begrensningen til oksygentransport, og også den viktigste begrensningen for  $VO_{2maks}$  (Joyner & Coyle, 2008; Spurway, Ekblom, Noakes, & Wagner, 2012). Hjertets pumpekapasitet avgjør størrelsen på blodstrømmen i kroppen, og dermed hvor mye oksygenrikt blod som transporteres rundt i de ulike vevene. I di Prampero (2003) antas det at så mye som 70-75 % av begrensningen av  $VO_{2maks}$  skyldes hjertets pumpekapasitet ved arbeid med store muskelgrupper og rundt 50 % ved arbeid med små muskelgrupper.

Hjertets pumpekapasitet uttrykkes gjerne gjennom hvor mye blod hjertet evner å pumpe ut i løpet av ett minutt, kalt hjertets minuttvolum (MV). Minuttvolumet avgjøres av to variabler, hjertets slagvolum (SV) og hjertefrekvensen (HF) (McArdle, Katch, & Katch, 2010; Sand, Sjaastad, Haug, & Toverud, 2014). Den maksimale hjertefrekvensen er i stor grad medfødt, og i liten eller ingen grad trenbar. Derfor er det først og fremst en persons slagvolum som regnes som en begrensende faktor for  $VO_{2maks}$ , og i en større sammenheng utholdenhetsprestasjon (Bassett & Howley, 2000; McArdle et al., 2010; Spurway et al., 2012). Forskning har vist at SV er trenbart, og at en økning i  $VO_{2maks}$  ved gjennomføring av aerob utholdenhetstrening kan relateres til en økning i SV (Bassett & Howley, 2000; Joyner & Coyle, 2008). Helgerud et al. (2007) fant en økning i  $VO_{2maks}$  på 7,2 % for en gruppe som gjennomførte høyintensiv aerob intervalltrening tre dager i uka i totalt åtte uker. For den samme gruppa ble det også vist en økning i slagvolum på 12,5 %. Funnet kan være med å vise en sammenheng mellom økt slagvolum og økt  $VO_{2maks}$ . Hos langrennsløpere er det målt minuttvolum på over 40 L/min. Til sammenligning er minuttvolum målt til omtrent 20-25 L/min hos utrente personer (Ekblom & Hermansen, 1968; McArdle et al., 2010; Ø. Sandbakk & Holmberg, 2014).

Lungene har som oppgave å mette blodet med oksygen. Mellom lungealveolene og blodet som passerer lungene er det forskjellig oksygentrykk ( $PO_2$ ), og dette leder til at oksygen fra den inspirerte luften i lungealveolene kan diffundere over til det oksygenfattige blodet (McArdle et al., 2010). I blodet bindes oksygenet til og fraktes av hemoglobin. Hemoglobin er et jernholdig protein, og står for hoveddelen av fraktekapasiteten av oksygen. Hos menn er innholdet av hemoglobin omtrent 15 gram per desiliter mens kvinner har omtrent 14 gram per desiliter blod. Denne forskjellen i

hemoglobinkonsentrasjon står for hovedgrunnen til at menn måler omtrent 10 % høyere  $VO_{2maks}$  enn kvinner (Joyner & Coyle, 2008; McArdle et al., 2010), mens ratioen muskel/fettmasse også har noe å si for disse kjønnsforskjellene. Hvor godt det arterielle blodet er mettet med oksygen uttrykkes gjennom blodets  $O_2$ -metning ( $SaO_2$ ). På havnivå ligger  $SaO_2$  rundt 98 % hos personer som er friske. Også ved maksimalt arbeid i forbindelse med testing er det rapportert om  $SaO_2$  rundt 95 % (Bassett & Howley, 2000; McArdle et al., 2010). Siden metningen av oksygen under de fleste forhold er vist å være tilstrekkelig, vil ikke dette være en betydelig begrensning for  $VO_{2maks}$ . Begrensningen i oksygenmetning ( $SaO_2$ ) var først og fremst utslagsgivende hos godt utholdenhetstrente utøvere ( $VO_{2maks} > 5 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ ). Grunnen er at hos godt utholdenhetstrente, som har et høyt MV, er det vist at siden blodstrømmen er så stor kan størrelsen på området for diffusjon og transittiden for diffusjonen være en begrensende faktor (Bassett & Howley, 2000). Transittiden beskriver tidsrommet for diffusjonen av oksygen mellom lungealveolene og blodet, og sier noe om hvor mye oksygen som rekker å diffundere over i blodet. Med økt MV kan altså metningen av oksygen bli påvirket i noe grad (Holmberg, Rosdahl, & Svedenhag, 2007; McArdle et al., 2010).

Begrensninger av  $VO_{2maks}$  knyttet til lungekapasitet er dermed først og fremst knyttet til lungenes kapasitet til diffusjon. (Bassett & Howley, 2000; Holmberg et al., 2007). Lungefunksjon og maksimal aerob kapasitet ( $VO_{2maks}$ ) hos syv langrennsløpere på høyt internasjonalt nivå ble undersøkt ved løping, overkroppsarbeid og diagonalgang på rulleski, der intensiteten kan betegnes som maksimal. Mål for lungekapasitet ble sammenliknet med rapporter for utrente personer med tilnærmet like antropometriske mål. Det ble funnet at lungekapasitet, spesielt knyttet til vitalkapasitet, diffusjonskapasitet og  $SaO_2$  hos langrennsløperne var signifikant høyere enn for de samme variablene hos utrente, men resultatene viste at de nevnte variablene for lungekapasitet ikke økte proporsjonalt med  $VO_{2maks}$  for langrennsløperne (Holmberg et al., 2007). Likevel er det foreslått at denne variabelen er av relativt liten betydning i forhold til hjertets pumpekapasitet under forhold med normal oksygentilførsel hos friske individer (Bassett & Howley, 2000; di Prampero, 2003).



Diffusjonen mellom blodet og muskelcellene er det siste leddet i oksygentransporten. Dette er også en viktig prosess for å sikre oksygen til muskelcellenes energiproduksjon. Oksygen diffunderer, etter det samme trykkprinsippet som i lungene, fra blodet til muskelcellene (Bassett & Howley, 2000; McArdle et al., 2010). Den begrensende faktoren ligger først og fremst i transittiden til diffusjonen, som kortes ned hos godt utholdenhetstrener personer som har et høyt MV. Begrensningen er knyttet til tettheten av de små blodårene som ligger omkring muskelcellene, kalt kapillærer. Kapillærtettheten er vist å kunne økes ved trening, og en større tetthet vil føre til lengre transittid for diffusjonen (Andersen & Henriksson, 1977; Bassett & Howley, 2000).

#### *1.2.1.5 Demand*

Det er først etter at det sirkulerende blodet har passert de arbeidende muskelcellene at man kan måle hvor mye oksygen som er tatt opp, enten å se på  $O_2$ -innholdet i venøst blod direkte, eller ved se på  $O_2$  innholdet i ekspirasjonsluften (indirekte). På den måten kan vi finne differansen mellom den arterielle og den venøse oksygenkonsentrasjonen i blodet, tidligere referert til som den arterio-venøse  $O_2$ -differansen (A- $VO_2$ -differansen) (Wagner, 2000). A- $VO_2$ -differansen kan i så måte si noe om hvor mye oksygen som er tatt opp i den arbeidende muskulaturen. Under aerobt muskelarbeid øker A- $VO_2$ -differansen i takt med intensiteten fordi musklene er avhengige av mer oksygen. Trykkforskjellen i oksygen ( $PO_2$ ) blir større mellom det oksygenrike arterielle blodet i muskelkapillærene og muskelcellen ved økende behov for oksygen, og dette skaper forhold for diffusjon mellom blodet og muskelcellen (Bassett & Howley, 2000).

Hvor mye energi som kan genereres ved aerob energiomsetning i muskelcellen avgjøres først og fremst av antall mitokondrier og størrelsen på mitokondriene, og dermed også aerobe enzymer. Mitokondriene er en viktig del av ATP-produksjonen, gjennom opptak av oksygen i siste del av elektrontransportkjeden (Bassett & Howley, 2000; McArdle et al., 2010). Ved flere og større mitokondrier øker mengden av aerobe enzymer, som har som oppgave å katalysere de kjemiske prosessene i nedbrytningen av næring som de arbeidende musklene skal nyttiggjøre seg av (Sand et al., 2014). Mitokondriene er vist å øke i antall og størrelse ved aerob utholdenhetstrening, men denne adaptasjonen har i liten grad vist seg å kunne videre øke det maksimale oksygenopptaket (Bassett &

Howley, 2000). Samtidig er det vist at godt utholdenhetstrente har et høyere innhold av mitokondrier og høyere aerob enzymaktivitet enn utrente, som gjør at vi kan anta at antall mitokondrier kan være en begrensning for  $VO_{2maks}$ . (Costill et al., 1976; Holloszy & Coyle, 1984).

De ulike muskelfibertypene er vist å ha ulike egenskaper for energiomsetning (Holloszy & Coyle, 1984). Muskelfibertype I har i utgangspunktet flere mitokondrier og dermed flere aerobe enzymer enn type IIa og type IIx, og muskelfibertypesammensetningen kan dermed være med å bestemme utholdenhetsprestasjonen. Samtidig er det vist at forskjellen mellom innhold av mitokondrier i type I- og type IIa-fibre er liten hos godt utholdenhetstrente utøvere (Holloszy & Coyle, 1984). Evertsen, Medbo, Jebens, og Gjovaag (1999) fant også at enzymaktiviteten for aerobe enzymer var høyere for de to nevnte muskelfibertypene enn for fibertype IIx. I samme studie, der langrennsløpere på elitenivå i juniorklassen ble undersøkt, ble det også målt muskelfibertypesammensetning. I gjennomsnitt hadde løperne 59 % type I-fibre, 26 % type IIa-fibre og 15 % type IIx-fibre. En stor overvekt av type I-fibre ble også funnet blant kenyanske og skandinaviske langdistanseløpere på elitenivå (~70 %) (Larsen & Sheel, 2015).

Kort oppsummert kan man si at ved arbeid der flere og/eller store muskelgrupper er involvert bestemmes i størst grad av supply-begrensinger. Hjertets pumpekapasitet, gitt ved MV, ser ut til å være den viktigste begrensningen. Musklenes evne til å omsette det tilgjengelige oksygenet ved stor kapasitet i antall mitokondrier og aerobe enzymer ser ut til å ha en betydning for A- $VO_2$ -differansen. di Prampero (2003) konkluderer med at supply-begrensninger, med hjertets MV som den viktigste faktoren, bestemmer omtrent 70-75 % av  $VO_{2maks}$ . Evnen til å omsette oksygenet i arbeidende muskulatur (demand) ser her ut til å bestemme omtrent 20-25 % av  $VO_{2maks}$  (di Prampero, 2003).

#### *1.2.1.6 Hvorfor er $VO_{2maks}$ viktig for langrennsprestasjon?*

På grunn av langrennskurransenes varighet og høye gjennomsnittlige arbeidsintensitet, er det i det foregående påpekt at den aerobe energiomsetningen utgjør opp mot 95 % av den totale energiomsetningen (O. Sandbakk & Holmberg, 2017).

Det maksimale oksygenopptaket kan direkte relateres til den aerobe energiomsetningen, og bestemmer både hvor fort og hvor mye energi som kan omsettes ved bruk av oksygen (Bassett & Howley, 2000). Energien som tas inn via mat og drikke, og som benyttes til det mekaniske muskelarbeidet er i hovedsak transportert via og lagret som adenosintrifosfat (ATP). Det finnes kun begrensede lagre tilgjengelig i kroppen, og det må stadig produseres mer ATP fra karbohydrater og fett for å dekke de energikravene som stilles ved stort muskelarbeid (McArdle et al., 2010; Medbo & Tabata, 1989; Sand et al., 2014). Ved aerob energiomsetning er kapasiteten til å produsere energi, i form av ATP, vist å være omtrent 16 ganger så stor som ved anaerob energiomsetning (McArdle et al., 2010). Siden den aerobe energiomsetningen er avhengig av tilgjengelig oksygen, vil størrelsen på det maksimale oksygenopptak være av stor betydning for tilgangen til energi gjennom en langrennskonkurranse.

Opptaket av oksygen kan også knyttes til hvilke næringsstoffer som benyttes for å dekke energikravene for å utføre muskelkontraksjonene. Under trening og aktivitet er det i hovedsak fett og karbohydrater som utgjør energikilden. Forholdet mellom bruk av fett og karbohydrat som energikilde avgjøres av intensiteten på arbeidet som utføres, der fett er hovedenergikilden ved lav og moderat intensitet, mens det ved høy og svært høy intensitet benyttes karbohydrater i størst grad (McArdle et al., 2010). Karbohydrater brytes raskt ned og er det viktigste energisubstratet når det skal utvikles stor kraft hurtig, og er en viktig del av både den aerobe og den anaerobe energiomsetningen når det arbeides med høy intensitet. Det er derimot et svært begrenset lager av karbohydrat i kroppen da karbohydratene, på grunn av halvparten så stor energitetthet og sin affinitet for vann, krever fire til åtte ganger så stort lagringsvolum som fett (McArdle et al., 2010).

Tilgangen på fett som energi er tilnærmet ubegrenset under aktivitet fordi kroppen evner å lagre fett i mye større mengde enn karbohydrater. Det krever derimot tilstrekkelig tilgang av oksygen og lengre tid for fullstendig oksidasjon av fettmolekylene, og fett kan dermed ikke stå for stor nok del av det totale energibidraget når det arbeides på supramaksimal belastning, estimert ut i fra  $VO_{2maks}$  (Joyner & Coyle, 2008). Det vil si at det er gunstig å kunne utnytte fett som energikilde i så stor grad som mulig

underveis i et langrenn, for å posjonere ut karbohydratlagerne. Fordelen med et økt maksimalt oksygenopptak vil i denne sammenhengen være at det prosentvise bidraget av fett som energikilde øker ved en gitt intensitet, og dermed spares karbohydratlagerne i større grad (Åstrand & Rodahl, 2003). Dette vil være gunstig for langrennsprestasjon i forbindelse med fartsøkninger, rykk og stor kraftutvikling i avslutningen av løp der intensiteten er opp mot maksimal (Gastin, 2001).

### 1.2.2 Arbeidsøkonomi

Mens det maksimale oksygenopptaket blir regnet som den viktigste enkeltbetydende faktoren i utholdenhetsprestasjon, også i langrenn, er arbeidsøkonomi vist å kunne skille prestasjonen i grupper med utøvere som har målt relativt lik aerob kapasitet (Larsen & Sheel, 2015; Morgan, Martin, & Krahenbuhl, 1989), altså mer homogene utvalg. Arbeidsøkonomi kan defineres som oksygenkostnaden ved en gitt arbeidsbelastning eller en gitt hastighet (Støren & Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet Det medisinske, 2009). Arbeidsøkonomi for sykling eller løping blir vanligvis definert som steady-state oksygenopptak i  $L \cdot \text{min}^{-1}$  eller  $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  ved en gitt belastning eller hastighet (Bassett & Howley, 2000; Conley & Krahenbuhl, 1980; Larsen & Sheel, 2015; Morgan et al., 1989; Støren & Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet Det medisinske, 2009; Sunde et al., 2010). Det vil si at utøvere med god arbeidsøkonomi, spesifikk til den bevegelsesformen de utfører, bruker mindre oksygen på gitte belastninger. I idretter der målet er å tilbakelegge en gitt distanse på kortest mulig tid, vil en utøver med god arbeidsøkonomi kunne holde høyere hastighet, og dermed tilbakelegge større distanse på kortere tid med en gitt intensitet enn en utøver med dårligere arbeidsøkonomi, dersom den aerobe kapasiteten de to utøverne i mellom er tilnærmet lik (Larsen & Sheel, 2015; Scrimgeour, Noakes, Adams, & Myburgh, 1986).

Gjennom tidligere undersøkelser er det vist hvilken betydning arbeidsøkonomi har for utholdenhetsprestasjon. I løping fant Conley og Krahenbuhl (1980) at arbeidsøkonomi forklarte omtrent 65 % av prestasjonen i et løp på 10 km hos en gruppe mannlige løpere på høyt nasjonalt nivå. I denne studien, som det også vist i Foster & Lucia (2007), var det små forskjeller i løpernes  $VO_{2\text{maks}}$ . Arbeidsøkonomi har også blitt vist å være viktig

for prestasjon i sykling (Storen et al., 2013). Hoff et al (1999) fant en signifikant endring i langrennsprestasjon hos en gruppe kvinnelige langrennsløpere ved forbedret arbeidsøkonomi i staking. Langrennsprestasjon ble målt som tid til utmattelse på en stakemølle. I denne intervensjonen ble deltakerne fordelt på to treningsgrupper, der én gruppe gjennomførte maksimal styrketrening på overkropp i 9 uker mens den andre gruppa fungerte som kontrollgruppe. Etter treningsperioden viste både treningsgruppen og kontrollgruppen en signifikant økning i tid til utmattelse, henholdsvis 136 % og 57 %. Det ble konkludert med at forskjellen mellom de to gruppene skyldtes forbedret arbeidsøkonomi.

En viktig faktor for å bestemme en utøvers arbeidsøkonomi er den tekniske utførelsen av en gitt bevegelse. Langrenn opererer i utgangspunktet med to ulike stilarter med flere tilhørende underteknikker. På grunn av det varierende terrenget er det mange teknikkskifter underveis, og løperne streber etter å finne den teknikken som er best mulig tilpasset den terrengetypen de befinner seg i. I motsetning til blant annet løping, der teknikken er relativt ukomplisert og naturlig, byr langrennsteknikken på et mer komplekst bevegelsesmønster (Rusko, Rusko, Sciences, & International Ski, 2008). Å skape størst mulig fremdrift med minst mulig bruk av energi setter derfor store krav til løpernes teknikk.

I langrenn ser man at løpere velger noe ulike løsninger for de ulike teknikkene, og hver løper har sin særegne stil som er spesialtilpasset gjennom mange timer trening og terping. Allikevel jobber alle ut fra prinsippet om balanse og tyngdeoverføring for mest mulig effektivt å skape størst mulig kraft i bevegelsesretningen (Ø. Sandbakk & Tønnessen, 2012). Grunnen til at balanse og tyngdeoverføring er sentralt i langrennsteknikk knyttes til de fysiske lovene som omhandler hvordan krefter virker på hverandre. Hvor stor kraft som kan skapes i bevegelsesretning avgjøres blant annet av hvor stor kraft som legges ned i underlaget. I følge Newtons 3. lov er kraft lik motkraft, og dette gjør at kraften fra stavgang og fraspark med beina vil besvares med motkraft som skaper fremdrift for løperen (Rusko et al., 2008; Ø. Sandbakk & Tønnessen, 2012). På bakgrunn av denne fysiske loven er løpernes tyngdeoverføring og balanse av stor betydning for fremdriften på snøen. Med god tyngdeoverføring flyttes kroppsvekten fra

ski til ski, og optimaliserer kraften mot underlaget i hvert skyv. I tillegg er støtteflaten for kraftutviklingen av stor betydning fordi man ønsker at kraften skal virke gjennom kroppens tyngdepunkt slik at minst mulig av kraften forsvinner i andre retninger. Dersom utøveren evner å skape stabile posisjoner og god tyngdeoverføring, vil en stor del av kraften som legges ned brukes til fremdrift (Rusko, 2008; Ø. Sandbakk & Tønnessen, 2012). Dette er videre overførbart til mengden energi som forbrukes ved en gitt hastighet, og er i så måte bestemmende for utøvernes arbeidsøkonomi.

I vurderingen av hvor energiøkonomisk utøvernes teknikk er i de ulike utholdenhetsidrettene, har det blitt sett på hvilken sykluslengde som er optimal for hver repetisjon. I løping knyttes dette til stegfrekvens. Her er funnet av valgfri stegfrekvens gir den mest arbeidsøkonomiske tekniske løsningen for hver løper (Kyrolainen, Belli, & Komi, 2001; Støren & Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet Det medisinske, 2009). I sykling, som ser på utøvernes tråkkfrekvens, er det derimot vist at valgfri tråkkfrekvens er litt for høy i forhold til hva som er vist å være mest arbeidsøkonomisk (Foss & Hallen, 2005; Støren & Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet Det medisinske, 2009). I langrenn kan man tenke seg at optimal syklusfrekvens vil variere med terreng og valg av både stilart og teknikk, og av den grunn vil det være vanskelig å si noe om optimal syklusfrekvens i langrenn generelt.

### 1.2.3 Laktatterskel

Laktatterskelen beskriver intensiteten på et steady state arbeid, målt i prosent av maksimalt oksygenopptak, der konsentrasjonen av laktat i blodet begynner å akkumuleres (Davis, 1985; Storen et al., 2014). Frem til en gitt belastning elimineres en tilstrekkelig mengde laktat ( $La^-$ ) i forhold til mengden som produseres, og selve terskelen kan sies å være den høyeste steady state  $VO_{2maks}$ -verdien der produksjonen og eliminasjonen av laktat er lik (Ø. Sandbakk & Tønnessen, 2012). Det er vist i Joyner & Coyle (2008) at laktatkonsentrasjonen til utrente individer er relativt stabil opp til en intensitet tilsvarende 60 % av  $VO_{2maks}$ , i arbeid gjennomført som løp eller sykling på ergometersykel. Fra rundt 60 % av  $VO_{2maks}$  er det en markert økning i laktatkonsentrasjon i blodet. Trente individer kan derimot utføre arbeid tilsvarende 75-

85 % av  $VO_{2maks}$  før de når LT, og det er foreslått at dette i stor grad skyldes den store oksidative kapasiteten i skjelettmuskulaturen til godt utholdenhetstrente utøvere (Joyner & Coyle, 2008).

Selv om trente individer er vist å kunne arbeide på en høyere intensitet enn utrente før de oppnår LT, så er ikke LT uttrykt i prosent av  $VO_{2maks}$  vist å kunne endres i særlig grad ved trening for utøvere som er godt utholdenhetstrent (Helgerud, Engen, Wisloff, & Hoff, 2001; Helgerud et al., 2007). Derimot ble det funnet i Helgerud et al. (2007) at løpshastigheten ved LT økte etter 8 uker med høyintensiv aerob intervalltrening. Dette ble derimot foreslått å skyldes både økning i  $VO_{2maks}$  og forbedret arbeidsøkonomi.

#### 1.2.4 Utnyttingsgrad

Utnyttingsgraden til en utøver beskriver hvor stor del av den aerobe kapasiteten han eller hun klarer å utnytte seg av i løpet av en konkurranse (Stoa et al., 2010), og er oppgitt i % av  $VO_{2maks}$ . Utnyttingsgraden er dermed direkte relatert til det maksimale oksygenopptaket, og vil potensielt være en viktig factor for å bestemme utholdenhetsprestasjon (Bassett & Howley, 2000; Larsen & Sheel, 2015). I Åstrand og Rodahl (2003) er det vist at godt utholdenhetstrente utøvere kan arbeide på rundt 85 % av  $VO_{2maks}$  i rundt én time, mens utrente til sammenlikning kan arbeide på rundt 50 %. Davies og Thompson (1979) undersøkte sammenhengen mellom  $VO_{2maks}$  og tid brukt på ulike distanser på mellom 5 km og 84, 64 km hos 13 mannlige og 9 kvinnelige maratonløpere. Det ble funnet at en tendens til at den prosentvise utnyttelsen av  $VO_{2maks}$  var av større betydning jo lengre distanse som ble gjennomført, og kunne forklare omtrent 80 % av prestasjonen for den lengste distansen. Tid brukt på 5 km ble derimot vist å være uavhengig av utøvernes utnyttingsgrad. I langrenn har det vært vanskeligere å måle betydningen av utnyttingsgraden relatert til en langrennskurrans, på bakgrunn av veldig skiftende arbeidsbelastning og teknikk underveis i konkurransen (O. Sandbakk & Holmberg, 2017).

## 1.2.5 Betydningen av maksimal- og eksplosiv styrke på langrennsprestasjon

### 1.2.5.1 Maksimal- og eksplosiv styrke

Styrke eller muskelstyrke handler i grove trekk om kraften musklene evner å skape ved en gitt hastighet, og knyttes gjerne til en bestemt øvelse, bevegelse eller teknikk. En utøvers maksimale styrke er et uttrykk for det Raastad et al. (2010) omtaler som den største kraften musklene kan utvikle ved ufrivillig langsomme bevegelser eller isometriske aksjoner. Den maksimale styrken uttrykkes og måles gjerne som én repetisjon maksimum (1 RM), og viser størrelsen på den vekten man kan løfte én gang i en utvalgt øvelse (McArdle et al., 2010). Eksplosiv styrke defineres i Raastad et al. (2010) som «*evnen til å utvikle størst mulig kraft hurtig*». Den eksplosive styrken kan derfor knyttes til hastighet og hurtig gjennomføring av muskelkontraksjoner. Det er vanlig å bruke «rate of force development» (RFD) for å beskrive hastigheten på kraften som utvikles i en muskelaksjon (Raastad, Paulsen, Refsnes, Rønnestad, & Wisnes, 2010). Ved en dynamisk muskelkontraksjon som resulterer i et ytre arbeid, er det vanlig å måle eksplosiv styrke i effekt. Effekt oppgis i newtonmeter pr sekund, altså i watt (Åstrand & Rodahl, 2003).

### 1.2.5.2 Hva bestemmer 1 RM og RFD?

Når man skal ta for seg hvilke faktorer som er de viktigste for å bestemme maksimal og eksplosiv styrke, er det vanlig å gjøre en inndeling etter hvilke faktorer som handler om det muskulære og hvilke faktorer som handler om det nevralt (Campos et al., 2002; Kraemer & Ratamess, 2004; Raastad et al., 2010), selv om disse faktorene ikke opererer uavhengig av hverandre. Både de muskulære og de nevralt faktorene er gjennom forskning vist å kunne påvirkes med systematisk trening (Kraemer & Ratamess, 2004; Van Cutsem, Duchateau, & Hainaut, 1998).

Flere faktorer i skjelettmuskulaturen spiller en rolle i utviklingen av kraft. Størrelsen på det største tverrsnittsarealet i en muskelgruppe avgjør det maksimale kraftpotensiale dersom det forekommer maksimal aktivering, og regnes i så måte som den viktigste



faktoren for å bestemme kraftutvikling (Raastad et al., 2010). Størrelsen på tverrsnittsarealet er viktig fordi det sier noe mengden muskelfibre som potensielt kan aktiveres i en muskelaksjon. Om muskelgruppen inneholder mange små fibre eller færre og store fibre er av liten betydning (Raastad et al., 2010). I hver muskelfiber finnes det sarkomerer. Disse ligger i parallell i muskelfiberen og jobber sammen for å utvikle kraft. Sarkomerene inneholder strukturer av de to proteinene aktin og myosin. I en muskelkontraksjon er det små hoder i myosinfilamentene, kalt tverrbroer, som bindes til og trekker i aktinfilamentene slik at muskelen forkortes (McArdle et al., 2010; Sand et al., 2014). Hvor stor kraft som kan utvikles i en gitt muskel eller muskelgruppe avgjøres derfor i prinsippet av hvor mange sarkomerer og videre tverrbroer som ligger i parallell og kan virke i sammen for å kontrahere muskelen (Raastad et al., 2010).

Tverrsnittsarealet i én eller flere muskelgrupper kan økes med systematisk styrketrening (Campos et al., 2002). I prinsippet vil et økt tverrsnittsareal gi økt muskelstyrke, og være gunstig med tanke kraftutviklingen i langrennsteknikkene. Samtidig vil økt muskelmasse, som en konsekvens av hypertrofi gjennom styrketrening, føre til økt kroppsvekt hos utøveren. Ettersom langrenn er en vektbærende idrett vil økt kroppsvekt kunne påvirke utholdenhetsprestasjonen, fordi det vil koste mer energi å forflytte seg over en gitt distanse. I Aagaard og Andersen (2010) blir det også diskutert hvorvidt økt muskelmasse kan påvirke diffusjonen av oksygen og avfallsstoffer mellom kapillærene og muskelcellen negativt på grunn av økte diffusjonsavstander. Samtidig er det vist at muskelhypertrofi kan øke antall kapillærer rundt muskelen. Det ble derimot foreslått av økningen av antall kapillærer var tilnærmet proporsjonal med økningen i muskelfiberstørrelse, og dermed ikke førte til høyere kapillærtetthet (Campos et al., 2002).

Skjelettmuskulaturen er satt sammen av flere muskelfibertyper med ulike egenskaper. I en grovdeling kan man si at det finnes muskelfibre som er langsomme og muskelfibre som er raske, hva gjelder kraftutvikling. Disse skiller seg fra hverandre i forhold til egenskaper for spalting av næringsstoffer og produksjon av ATP, og hvilken isoform av MHC (myosin heavy chain) de består av (McArdle et al., 2010; Raastad et al., 2010). Her vil det bli tatt utgangspunkt i hovedtypene I, IIa og IIx. I utgangspunktet kan alle de tre

typene muskelfibrene utvikle omtrent samme kraft dersom musklene bevarer samme lengde, og har dermed det som omtales som samme spesifikke styrke. Forskjellene i kraftutvikling oppstår derimot når musklene endrer lengde, og de raske muskelfibrene er bedre tilpasset til å utvikle kraft ved store forkortningshastigheter (Raastad et al., 2010).

Type I muskelfibre kjennetegnes ved å være langsomme og utholdende. Med stor tetthet av mitokondrier foregår produksjonen av ATP i veldig stor grad aerobt, og stort innhold av denne fibertypen gir muskelen godt grunnlag for å øke tiden til utmattelse ved høyintensivt aerobt arbeid (McArdle et al., 2010; Raastad et al., 2010). Costill et al. (1976) undersøkte fibertypesammensetning hos friidrettsutøvere. Her ble det funnet at langdistanseløpere, definert som utøvere som konkurrerte i distanser fra 5000 meter til og med maraton, hadde en høy andel av type I fibre sammenliknet med løpere som konkurrerte i sprint og mellomdistanse. De samme høye verdiene type I fibre ble vist for langdistanseløpere i Larsen og Sheel (2015).

Type II muskelfibre, som omfatter både type IIa og IIx, spalter ATP raskere enn type I-fiberne og er derfor bedre tilpasset til å utvikle større kraft på kortere tid. Raastad et al. (2010) går ut i fra at type IIa fibre kan produsere rundt fem ganger så stor effekt (W) som type I fibre mens IIx fibre står for omtrent ti ganger så stor effekt som type I fibre ved maksimal mobilisering. Type II muskelfibre er vist å i noe grad ha et større tverrsnittsareal enn type I-fibre, og er dermed knyttet til større og hurtigere kraftutvikling (Costill et al., 1976; Gollnick, Armstrong, Saubert, Piehl, & Saltin, 1972). Produksjonen av ATP er nærmere knyttet til anaerobt arbeid for disse typer muskelfibre. Utøvere med stor andel type II-fibre knyttes gjerne til idretter der rask kraftutvikling er viktig, slik som sprintløp, styrkeløft og ishockey (Costill et al., 1976; McArdle et al., 2010; Raastad et al., 2010). Siden langrenn er karakterisert som en utholdenhetsidrett, der arbeidet i stor grad foregår aerobt, vil en stor andel av type I fibre være viktig for langrennsprestasjon. Samtidig vil kortere distanser som sprint, samt forekomst av fartsøkninger, rykk og spurt også på lengre distanser sette krav til rask kraftutvikling, og dermed favorisere løpere med en noe høyere andel raske muskelfibre.

Av andre muskulære faktorer som kan være med å påvirke maksimal styrke, kan man trekke frem muskelens utgangslengde- og senefeste i tillegg til muskelarkitektonisk indeks (Raastad et al., 2010). Disse vil derimot ikke beskrives nærmere i det følgende.

For å utvikle stor kraft i en gitt bevegelse kreves det at man evner å aktivere flest mulig muskelfibre, og mer presist flest mulig aktive tverrbroer i sarkomerene. I hvor stor grad musklene aktiveres avgjøre i første rekke av hvor mange motoriske enheter som rekrutteres og hvor stor fyringsfrekvensen er på aksjonspotensialene som når muskelfiberne (Raastad et al., 2010). En motorisk enhet kan beskrives som en motorisk nervecelle og de muskelfiberne den har tilknytning til (Sand et al., 2014). De motoriske enhetene rekrutteres etter et bestemt mønster, og størrelsen og antall motoriske enheter som skal aktiveres bestemmes av hvor stor kraft som skal utvikles og hvor hurtig kraftutviklingen skal forekomme. De langsomste muskelfiberne rekrutteres gjerne først og i tilfeller der det er snakk om mindre kraftutvikling over lengre tid. De raske muskelfiberne aktiveres først dersom det skal utvikles større kraft, og dersom kraften skal utvikles over kort tid (Sale, 1987). Ved maksimal kraftutvikling er det i så måte avgjørende at det forekommer en optimal rekruttering av alle de motoriske enhetene som er tilgjengelige. Det har blitt vist at styrketrening med opp mot og over 80-85 % av 1 RM er mest effektivt for å få øke maksimal styrke (Campos et al., 2002; Hakkinen, Alen, & Komi, 1985). En viktig årsak er at tung ytre motstand øker de nervøse tilpasningene, i form av økt rekruttering og synkronisering av motoriske enheter (Kraemer & Ratamess, 2004). Det har derimot blitt diskutert i hvor stor grad rekruttering av motoriske enheter kan forbedres ved trening. Raastad et al. (2010) hevder at de godt styrketrente evner å rekruttere tilnærmet alle sine motoriske enheter, og at potensiale for økt rekruttering er liten for denne gruppen.

Fyringsfrekvensen på aksjonspotensialene spiller en viktig rolle i muskelens kraftutvikling. Aksjonspotensialene sørger for at kalsiumkontrasjonen øker i cytosol, og økt kalsiumkonsentrasjon gjør at aktinfilamentene frigir bindingsplasser som myosinets tverrbroer kan feste seg til (Raastad et al., 2010). Inntil et visst punkt vil økning i fyringsfrekvensen av aksjonspotensialer føre til en økning av aktive tverrbroer i muskelfibrene, og dermed vil det utvikles større kraft. Når alle bindingsstedene er

ledige, vil derimot ikke videre økning av kalsiumkonsentrasjon bidra til økt kraftutvikling. Van Cutsem et al. (1998) viste en økning i fyringsfrekvens hos fem deltakere (tre kvinner og to menn) etter en 12 ukers treningsperiode med fem styrketreningsøkter i uka. Deltakerne gjennomførte ti serier á ti repetisjoner med ettbeins dorsalfleksjon der motstanden tilsvarte 30-40 % av deltakernes 1 RM. Økning i fyringsfrekvens som følge av styrketrening har også blitt vist i Behm og Sale (1993).

Økning i RFD er vist å kunne komme ved gjennomføring av mekanisk styrketrening med ytre motstand  $\geq 80$  % av 1 RM. Grunnen til dette er at de raske type II muskelfiberne kun aktiveres i full grad dersom det kreves tilnærmet maksimal kraftutvikling (Cormie, McGuigan, & Newton, 2011).

### *1.2.5.3 Relasjonen mellom styrke og langrennsprestasjon*

Med økende behov for raske taktomslag, høyere fart i de lettere partiene og en sterk sluttspurt for å avslutte løpene, har styrke og eksplosivitet blitt et stadig viktigere arbeidskrav for å avgjøre tette dueller til sin fordel. Det er vist at langrensløpere utvikler kraft tilsvarende omtrent 10-20 % av 1 RM ved diagonalgang i klassisk stil (Ulf Bergh, 1982). H. Osteras, Helgerud, og Hoff (2002) fant at langrensløpere hadde en gjennomsnittlig kraftutvikling gjennom stavene tilsvarende 20-25 % av 1 RM i en utmattelsestest i staking. Høyere hastighet i alle de ulike konkurransene (Thomas Losnegard, 2013) og en mer avgjørende avslutningsfase av løpene påvirker arbeidskravene for å prestere på høyt nivå (T. Losnegard et al., 2012). Holmberg et al. (2005) gjorde en biomekanisk analyse av staketeknikk ved 85 % av maksimal fart i staking hos elleve elitelangrensløpere. Her ble det funnet en sammenheng mellom de løperne som hadde størst maksimal fart i denne teknikken og de løperne som produserte størst kraft i stavgaket. Bilodeau et al. (1995) undersøkte også kraftutviklingen i staking, og fant at de raskeste løperne evnet å skape stor kraft i stavgaket og i tillegg utviklet kraften i løpet av kort tid. I begge studiene ble det foreslått at forskjellene i maksimal fart skyldtes forskjell i muskulær styrke hos utøverne (Bilodeau et al., 1995; Holmberg et al., 2005; Stoggl et al., 2007). I Losnegard et al. (2011) ble det funnet sammenheng mellom økning i maksimal styrke i øvelsene

nedtrekk og knebøy og prestasjon i staking, målt som en fem minutters prestasjonstest på stakemølle. S. Osteras et al. (2016) foreslo også at maksimal overkroppsstyrke og prestasjon i staking viste god sammenheng på bakgrunn av sterk korrelasjon mellom overkroppsstyrke og effekt (W) i staking ved en 30 sekunders maksimal staketest på rulleskimølle. Det har også blitt foreslått at de utøverne som evnet å skape stor kraft med en kortere sykluslengde på kraftutviklingen, gjennom god eksplosiv styrke, fikk en lengre hvileperiode mellom kontraksjonene, som igjen ville være gunstig for tilførselen av oksygen til arbeidende muskulatur. (Bilodeau et al., 1995; Stöggl, Lindinger, & Müller, 2006). Rundell, Bacharach, Arcilesi, Pripstein, og Szmedra (1994) fant også en sterk korrelasjon ( $r=-0,961$ ) mellom eksplosiv styrke uttrykt som RFD og langrennsprestasjon, målt som tid brukt på 1 km staking i motbakke på stakemølle. Evnen til å utvikle stor kraft og å kunne utvikle stor kraft hurtig vil i så måte kunne være viktig for langrennsprestasjonen

Forbedring av utholdenhetsprestasjon på bakgrunn av økt muskulær styrke har blitt undersøkt i kartlegging av arbeidskrav i ulike idretter, og flere studier har funnet signifikant effekt på arbeidsøkonomi etter en treningsperiode med maksimal styrketrening (H. Osteras et al., 2002; Storen et al., 2008; Sunde et al., 2010). I Hoff et al (1999), der treningsgruppen økte 1RM i nedtrekk med gjennomsnittlig 15 %, ble det diskutert og konkludert med at den økte maksimale styrken førte til at den relative belastningen i staking, oppgitt som prosent av 1RM, ble redusert. Løperne kunne altså utvikle samme kraft på en mindre prosentandel av deres respektive maksimale styrke. I tillegg ble det argumentert for at tiden til den største kraftutviklingen i den gitte bevegelsen (TPF), her i form av staking i langrenn, ble redusert som følge av økning i 1RM (Hoff, Helgerud, & Wisloff, 1999).

At arbeidsøkonomien forbedres som en følge av at man med økt maksimal styrke kan produsere samme kraft på en lavere submaksimal intensitet, støttes av Hoff et al (2002). Her foreslås det at en effekt av maksimal styrketrening er en mer optimal aktivering av motoriske enheter. Det vil si at færre motoriske enheter aktiveres på en gitt submaksimal belastning, og det kreves mindre tilgang av oksygen. Dette vil i så måte være energibesparende og mer arbeidsøkonomisk (Hoff, Gran, & Helgerud, 2002;

Storen et al., 2008). Dersom færre motorisk enheter rekrutteres på en gitt belastning, vil man også kunne tenke seg at tiden til utmattelse øker fordi man kan holde på lengre før muskulær tretthet oppstår (Gandevia, 2001; Sunde et al., 2010). I tillegg til at muskulær effektivitet i form av aktivering, er det også vist at muskelfibertypesammensetningen kan være av en viss betydning for arbeidsøkonomien (Coyle, Sidossis, Horowitz, & Beltz, 1992).

I tillegg til at en økning i 1RM som følge av maksimal styrketrening er vist å ha en effekt på arbeidsøkonomi, har det også blitt sett på hvordan en økning i RFD på bakgrunn av samme type trening kan påvirke den muskulære arbeidseffektiviteten og transittiden for oksygen. Arbeidseffektiviteten beskriver forholdet mellom det mekaniske muskelarbeidet som gjøres i en gitt bevegelse og den totale mengden energi som benyttes (Joyner & Coyle, 2008; Støren & Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet Det medisinske, 2009). Økt transittid bedrer forholdene for å få tilgang til tilstrekkelig mengde oksygen i arbeidende skjelettmuskulatur, og er også tidligere vist å korrelere med  $A\text{-VO}_2$ -differansen (Saltin, 1985). I dette tilfellet vil transittiden øke fordi muskelkontraksjonene gjennomføres raskere, noe som øker tiden mellom kontraksjonene, og det er i hovedsak denne tidsperioden som brukes til oksygentilførsel fra blodet til muskelcellen (Shoemaker, Hodge, & Hughson, 1994; Sunde et al., 2010). Sunde et al (2010) fant sammenheng mellom økning i RFD som følge av maksimal styrketrening, bedre arbeidsøkonomi og tid til utmattelse i en test gjennomført på ergometersykel, men det ble ikke målt transittid i denne studien.

### 1.2.6 Antropometri

Thomas Losnegard (2013) viste at langrensløpere på internasjonalt nivå hadde høyere maksimalt oksygenopptak relatert til vekt og lavere kroppsvekt enn løpere på nasjonalt nivå. Det ble også vist at sprintere på internasjonalt nivå veide mer, var høyere og hadde høyere BMI enn distanseløpere. I tillegg hadde sprinterne høyere maksimalt oksygenopptak målt i literverdi og høyere oksygenunderskudd (les opp). Utover dette er det funnet lite som skulle tilsi at en kroppstype skulle gi bedre langrennsprestasjoner enn andre. Dette kan skyldes at langrenn kun er en delvis vektberende idrett på grunn av varierende terreng, og derfor kan de antropometriske målene variere en god del (Ø.

Sandbakk & Tønnessen, 2012). Forenklet kan man si at det lønner seg å være lett oppover og tung nedover, ikke helt ulikt landevis- og terrengsykling.

### **1.3 Hvilke fysiologiske faktorer er viktig for stakeprestasjon**

Tidligere studier har undersøkt ulike fysiologiske og antropometriske variabelers sammenheng med prestasjon i langrenn (Alsobrook & Heil, 2009; U. Bergh, 1987; Carlsson et al., 2013; Larsson et al., 2002; T. Losnegard et al., 2012; Mahood et al., 2001; Mygind et al., 1994; Mygind et al., 1991; Rundell, 1995; Stoggl et al., 2007; Østerås et al., 2016). Utformet som et kartleggingsstudie hadde den foreliggende studien anledning til å undersøke sammenhengen mellom en rekke ulike fysiologiske og antropometriske variabler og prediktive tester for prestasjon, for å oppnå mer kunnskap rundt hvilke faktorer som bestemmer prestasjon i langrenn. Dette er tidligere gjennomført for sykling i Storen et al. (2013).

I den foreliggende studien var derfor formålet å studere potensielle sammenhenger mellom fysiologiske og antropometriske variabler og en prestasjonstest på rulleski i rulleskiløype (TT) og i tillegg en utmattelsestest på rulleskimølle (TE).

### **1.4 Problemstilling**

I hvilken grad er det sammenheng mellom antropometriske og fysiologiske variabler målt i laboratorium og prestasjon i staking på rulleski?

## 2 Metode

### 2.1 Metodisk tilnærming

Denne studien er en del av et større forskningsprosjekt i regi av Høgskolen i Sørøst-Norge i samarbeid med Olympiatoppen. Hovedstudien er utarbeidet med et pre-post-design der formålet er å se på om langrennsspesifikke styrkeøvelser og maksimal styrketrening har betydning for arbeidsøkonomi og prestasjon i langrennssteking. Datainnsamlingen er i skrivende stund ikke ferdig i hovedstudien. Den foreliggende masteroppgaven baserer seg på data fra 34 deltakere som har gjennomført pretest i hovedstudien, og har form av et kartleggingsstudie. Siden hovedstudien vil basere seg på flere deltakere enn den foreliggende, vil deskriptive data i denne oppgaven høyst sannsynlig avvike noe fra resultatene i hovedstudien.

### 2.2 Forsøkspersoner

Til denne studien ble det rekruttert totalt 37 deltakere, ... kvinner og ... menn. Alle var aktive langrennsløpere på nasjonalt nivå i alderen 17-23 år, og hadde deltatt i Norgescup den foregående sesongen. Av de totalt 37 rekrutterte deltakerne var det 34 (12 kvinner og 22 menn) deltakere som deltok i studien. Frafallet på 3 deltakere skyldtes at disse ikke kunne gjennomføre alle testene av medisinske årsaker uavhengig av studien. Deltakerne ble rekruttert fra videregående skoler i Sør- og Sørøst-Norge med langrenn som fordypningsfag, samt Høgskolen i Sørøst-Norge ved muntlig forespørsel. Lærerne ved de respektive skolene fungerte som kontaktpersoner i forkant og underveis i prosjektet. I forkant av testingen fylte alle deltakerne ut et egenerklæringsskjema om helse (vedlegg 3), samt et informert samtykkeskjema (vedlegg 2) om å være med i studien der underskriften også gjaldt at deltakerne hadde forstått hva studien og testene innebar. Skjemaet har til hensikt å gi testpersonell en oversikt over helsetilstand og sykdomshistorie, slik at eventuelle tilpasninger kan gjøres under testene. De deltakerne som var under 18 år måtte skaffe underskrift av en kontaktperson, i dette tilfellet deltakerens lærer. Studien er godkjent av regional medisinsk etisk komité (REK) (ref. nr. 2016/662) og registrert i Clinical Trials (nr. NT03078673). Karakteristika av deltakerne er presentert i tabell 1.



**Tabell 1: Karakteristikk av deltakerne**

N=33	Gjennomsnitt ± SD	Variasjonskoeffisient (%)
<b>Alder</b>	17,8 ± 1,2	6,7
<b>Antropometri</b>		
Kroppshøyde (cm)	177,1 ± 8,2	4,7
Kroppsvekt (kg)	69,7 ± 7,7	11
BMI	22,2 ± 1,5	6,8
<b>VO<sub>2maks</sub> løp</b>		
ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup>	64,2 ± 7,8	12,2
L·min <sup>-1</sup> §	4,5 ± 0,85	19
ml·kg <sup>-0,67</sup> ·min <sup>-1</sup> §	258,5 ± 35,2	13,6
<b>VO<sub>2maks</sub> staking</b>		
ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> §	56,3 ± 8	14,2
L·min <sup>-1</sup> §	3,9 ± 0,84	21,3
ml·kg <sup>-0,67</sup> ·min <sup>-1</sup> §	228,1 ± 36,7	16,1
% av VO <sub>2maks</sub> løp #	88,5 ± 8,7	9,8
<b>Cp staking (70 % HF<sub>maks</sub>) §</b>	0,175 ± 0,02	11,7
<b>Laktatterskel staking</b>		
% av VO <sub>2maks</sub> §	78,8 ± 7,8	10
Hastighet (km/t) §	15,4 ± 2,7	17,5
<b>MAS staking §</b>	330 ± 77,8	23,6
<b>Styrke</b>		
1 RM nedtrekk (kg) #	83,8 ± 17,3	20,6
1 RM nedtrekk (kg/kroppsvekt <sup>-0,67</sup> ) #	4,9 ± 0,78	16
1 RM nedtrekk (kg/kroppsvekt) #	1,21 ± 0,17	14,4
1 RM beinpress (kg) €	284,1 ± 46,8	16,5
1 RM beinpress (kg/kroppsvekt <sup>-0,67</sup> ) €	16,7 ± 2,3	13,7
1 RM beinpress (kg/kroppsvekt) €	4,1 ± 0,56	13,6
<b>Effekt</b>		
Maksimal effekt nedtrekk (W) †	432,2 ± 115,7	26,8
Effekt ved 1RM nedtrekk (W) #	188,9 ± 57,6	30,5
Effekt ved submaksimal belastning nedtrekk (W) #	325,4 ± 94,4	29
Maksimal effekt beinpress (W) €	586 ± 150,7	25,7
Effekt ved 1RM beinpress (W) €	374,7 ± 143,2	38,2
Effekt ved submaksimal belastning beinpress (W) §	471,8 ± 140,3	29,7
<b>Prestasjon testløp §</b>		
Tid (sek)	866,2 ± 142,1	16,4
<b>Prestasjon utmattelsestest §</b>		
Tid (sek)	310 ± 80,2	25,9

\*Verdiene er oppgitt i gjennomsnitt ± standardavvik (SD) og variasjonskoeffisient i prosent; BMI = body mass index; VO<sub>2maks</sub> = maksimalt oksygenopptak; Cp = oxygen cost of poling; HF<sub>maks</sub> = maksimal hjerterefrekvens; MAS = maximal aerobic speed målt som kvotienten av VO<sub>2maks</sub> staking (ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>) og Cp staking (70 % HF<sub>maks</sub>); § = N = 31; # = N = 30; † = N = 29; € = N = 28; § = N = 27

## 2.3 Testprosedyrer

Deltakerne var av praktiske årsaker delt i to grupper, ut i fra hvilken skole de tilhørte. Hver gruppe gjennomførte hele testbatteriet i løpet av to dager, og testene foregikk mellom kl. 08.00 og 21.00 begge dagene. Den første dagen ble det gjort test av  $VO_{2maks}$  løping og en prestasjonstest i staking i rulleskiløype. Den andre dagen ble det gjennomført test av C, LT, og  $VO_{2maks}$  staking i samme test som en RAMP utmattelsestest på rulleskimølle – som også fungerte som en prestasjonstest. Avslutningsvis ble det gjennomført test av maksimal styrke i øvelsene nedtrekk og beinpress. Test av C, LT,  $VO_{2maks}$  løping og  $VO_{2maks}$  staking, samt styrketester ble gjennomført ved idrettsfysiologisk testlaboratorium på Høgskolen i Sørøst-Norge, avdeling Bø i Telemark. Prestasjonstest på rulleski ble gjennomført i egen rulleskiløype ved Nordbøåsen i Bø i Telemark. På begge testdagene ble deltakerne informert om hvilke tester som skulle gjennomføres, og ble deretter satt opp i en valgt rekkefølge. De fikk også instruksjon om ikke å trene hardt dagen før første testdag, og ikke spise mat innen to timer før første test. Matinntak underveis i testdagen måtte gjøres umiddelbart etter tester der det var minst én time til neste test. Mellom test av  $VO_{2maks}$  løping og prestasjonstest i staking i rulleskiløype fikk deltakerne et skjema med retningslinjer for næringsinntak mellom de to testene (vedlegg 1).

### 2.3.1 Antropometriske mål

Som mål på deltakernes antropometri ble det brukt vekt, høyde og BMI (vekt (kg)/høyde (m)<sup>2</sup>). Vekten ble målt med en digital vekt (Tefal Sensitive Computer Pp 6010, Frankrike). Høyden ble målt ved bruk av standard målebånd festet til vegg. BMI ble beregnet ut i fra følgende formel:  $BMI = \text{vekt (kg)} / \text{høyde (m)}^2$ .

### 2.3.2 Maksimalt oksygenopptak ( $VO_{2maks}$ ) løping, og maksimalt oksygenopptak og utmattelsestest på rulleskimølle

Testen av  $VO_{2maks}$  løping ble gjennomført på tredemølle av typen Woodway PPS55 (Waukesha, WI, USA). Rett før teststart ble tredemøllen kalibrert til rett hastighet og stigning. Til å måle oksygenopptaket ble det benyttet en Cortex Metalyzer II (CORTEX Biophysik GmbH, Leipzig, Germany). Apparatet måler oksygenopptak hvert 10. sekund (moxekammer), og produsenten opererer med en målenøyaktighet tilsvarende  $\pm 3$  %.

Både i Helgerud, Storen, og Hoff (2010) og i tester fra Høgskolen i Sørøst-Norge, avdeling Bø i Telemark, er det vist at målenøyaktigheten er såpass presis som  $\pm 1\%$ . I forkant av testingen ble maskinen klargjort til bruk. De samme retningslinjene for kalibrering ved bruk av 16 % O<sub>2</sub>, 4% CO<sub>2</sub> kalibreringsgass og 3 L volum kalibreringspumpe ble fulgt for begge grupper.

I forkant av testen fikk deltakerne beskjed om å gjennomføre en oppvarming på omtrent 15 minutter. Oppvarmingen var i stor grad styrt av deltakerne selv ut ifra egne rutiner, men alle ble oppfordret til å legge inn en kort (0,5 - 1 minutt) periode med middels til høy intensitet for å være best mulig forberedt til testen. Etter oppvarmingen fikk deltakerne utdelt pulsbelte (Polar RX 100, Polar Oy, Finland), og testleder monterte maske (navn) tilpasset hver deltaker. Testleder informerte videre om prosedyrer for gjennomføring av testen. Tredemøllen ble justert til 6 % stigning for begge kjønn. Jentene hadde en utgangshastighet på 7 km/t mens guttenes utgangshastighet var på 9 km/t. Utgangshastigheten var fastsatt i protokollen, og ble benyttet for alle deltakerne. For å oppnå en belastning tilsvarende deltakernes maksimale oksygenopptak ble det foretatt en trinnvis økning av helning og hastighet. Etter ett minutt på angitt utgangshastighet og utgangshelning ble helningen økt med 1 % hvert halvminutt opp til totalt 8 % helning. Deretter ble hastigheten økt med 0,5 km/t hvert halvminutt frem til oppnådd VO<sub>2maks</sub>. Økningen av stigning og hastighet ble utført etter forespørsel fra testleder til deltakerne. Ved positiv bekreftelse fra deltaker (tommel opp) ble belastningen økt. Dersom deltaker opplevde at øvre grense for belastning var nådd ble det gitt negativ bekreftelse (flat hånd), og belastningen forble den samme. Underveis i testen ble det brukt verbal oppmuntring, motivering og tilbakemelding fra testledere og trener. Hjerterefrekvens (HF) ble målt ved hjelp av pulsklokke (Polar RX 100, Polar Oy, Finland) tilhørende det angitte testlokalet eller deltakernes egne pulsklokker. Testen ble avsluttet ved frivillig utmattelse, dvs. når deltakeren ikke orket mer. Kriteriene som ble brukt for å vurdere om maksimalt oksygen var oppnådd var følgende: frivillig utmattelse, avflating av VO<sub>2</sub>-kurve, RER-verdi  $\geq 1,05$ , blodlaktatkonsentrasjon  $[La^-]_b \geq 8.0$  mMol  $\cdot$  L<sup>-1</sup> og Borgs skala  $\geq 17$ . HF ble benyttet som en kontroll for utmattelse for de deltakerne som hadde oppgitt HF<sub>maks</sub> på forhånd, og der var kriteriet  $HF \geq 95\% HF_{maks}$ .

Laktatprøver og registrering av Borgs skala ble utført innen ett minutt etter avsluttet test. Deltakerne ble oppfordret til å drive rolig aktivitet i form av nedjogging i etterkant av testen for å være klar til neste test.

Proseduren for laktatmålinger er beskrevet senere under beskrivelse av testing av laktatterskel (2.3.4).

Test av  $VO_{2maks}$  staking og tid til utmattelse ble gjennomført samtidig ved bruk av samme RAMP protokoll. Deltakerne gjennomførte denne testen to til tre minutter etter testen av LT og arbeidsøkonomi ved staking (testdag 2). Deltakerne benyttet seg også av det samme utstyret som på disse to testene (se 2.3.4). Det ble benyttet en egenutviklet RAMP protokoll, hvilket innebærer et fast mønster for økning av belastning – frem til utmattelse. Rulleskimøllen ble justert til en stigning på 6 %, for både jenter og gutter. Jentene hadde en utgangshastighet på 6 km/t. Hvert 30. sekund ble hastigheten økt med 1 km/t frem til hastigheten nådde 10 km/t. Deretter ble hastigheten økt med 0,5 km/t hvert 30. sekund. Guttene hadde en utgangshastighet på 12 km/t. Hvert 30. sekund ble hastigheten økt med 1 km/t frem til hastigheten nådde 18 km/t. Deretter ble hastigheten økt med 0,5 km/t hvert 30. sekund. Deltakerne ble i forkant av testen oppfordret til å holde ut så lenge de klarte. Testen ble avsluttet når deltakeren passerte en oppmerket strek på den bakerste halvdel av møllen eller ga tydelige signaler om at de ønsket å avslutte testen. Den totale tiden til utmattelse ble registrert ved bruk av stoppeklokke. I tillegg ble de to tilgrensende høyeste verdiene for  $VO_2$  registrert og satt til  $VO_{2peak}$  staking, samt HFpeak, laktatverdier innen det første minuttet etter avsluttet test og Borgs skala.

### 2.3.3 Prestasjonstest i rulleskiløype

Alle deltakerne gjennomførte en prestasjonstest i staking på rulleski. Testen var lagt opp på samme måte som en ordinær langrennskonkurranse med intervallstart, der deltakerne startet med 30 sekunders intervaller mellom seg. Prestasjonstesten gikk over seks runder i en rulleskiløype som lå i Nordbøåsen i Bø i Telemark, en kort biltur unna testlokalet for de andre testene. Rulleskiløypen hadde en lengde på 940 meter

med kupert terreng, og dermed hadde testen en total lengde på 5,64 km. Det ble markert med kjepler ute i løypa for å vise riktig retning og sørge for at alle gikk like langt. Alle deltakerne benyttet seg av egne, private ruller med 2'er hjul. På grunn av ulike værtyper, ulik temperatur og ulik grad av fuktighet på asfalten for de to gruppene ble det gjennomført rulletester for å ta høyde for dette, ved i etterkant å justere totaltiden.

I forkant av testen ble deltakerne delt inn i puljer på fire og fem deltakere. Dette ble gjort for å unngå at det ble dannet rekker av deltakere som gikk sammen og at deltakerne i liten grad var nødt til å passere andre deltakere. Hvis en deltaker passerte en annen deltaker var det ikke tillatt for den som ble passert å legge seg i dragsuget til den som passerte. De fikk beskjed før teststart om å holde en avstand på ti meter (samme type regler som i temposykling). I tillegg var det hensiktsmessig med mindre grupper i forhold til tidtaking på hver enkelt deltaker. Puljene var delt inn etter kjønn, slik at det ble separerte jente- og guttepuljer. Før testen fikk deltakerne omtrent 15 minutter til oppvarming i rullerløypa. Deretter ble det tilfeldig trukket startrekkefølge innad i puljen. Underveis i testen fikk deltakerne verbal oppmuntring av trener og testledere og beskjed om hvor mange runder de hadde igjen. Det ble ikke gitt sekundering, og det var heller ikke tillatt med tilbakemeldinger på teknikk underveis i testen. For å registrere data underveis ble det benyttet et eget registreringsskjema.

På grunn av forskjellig grad av fuktighet i asfalten for deltakerne, ble det gjennomført en rullestest for både vått og tørt føre. Rullestesten ble gjennomført i slak nedoverbakke over en distanse på 46,64 meter, og det ble brukt fotoceller for å måle tid. Én av testlederne gjennomførte testen totalt ti ganger, og gjennomsnittet av resultatene fra de tre siste testene ble benyttet som endelig resultat. På bakgrunn av differansen mellom vått og tørt føre i rullestesten ble det beregnet at de 15 deltakerne som gikk på vått føre skulle fratrekkes 4 % av løpstiden i prestasjonstesten.

### 2.3.4 Arbeidsøkonomi og laktatterskel i staking

Testene av C, LT, og RAMP protokoll i staking (beskrevet i 2.3.2) ble gjort på rulleskimølle (Rodby). Det ble brukt samme utstyr for  $VO_2$  og hjertefrekvens som under  $VO_{2maks}$ -testen i løping. For å måle laktatverdier i blodet ble det benyttet en laktatanalysator av typen Lactate scout+ (EKF diagnostics GmbH). Rulleskiene som ble benyttet var de samme for alle deltakerne, og av typen Swenor fibreglass rulleski med 2'er hjul.

På grunn av testens utforming var det kun behov for en kort tilvenningsperiode på rulleskimøllen for deltakerne, ikke en lengre oppvarming. Tilvenningsperiodens varighet var på 3-5 minutter. De som hadde et ønske om noe lengre oppvarming fikk tilbud om å gjennomføre dette på en tilsvarende rulleskimølle ved siden av testmøllen. Alle deltakerne fikk en kort innføring i testprotokollen.

LT ble testet ved bruk av indirekte metode som beskrevet i Storen et al. (2014). Testen foregikk slik at deltakerne gjennomførte flere arbeidsperioder á fire minutter på submaksimal hastigheter. Hastighet en ble økt før hver arbeidsperiode som ble gjennomført. Deltakerne gjennomførte totalt mellom tre og seks drag hver for å bestemme LT. Det ble tatt en laktatprøve mellom hver arbeidsperiode, og testleder registrerte  $[La^-]_b$ .  $[La^-]_b$  etter den første arbeidsperioden ble benyttet som grunnverdiverdi, dersom denne viste seg å være den laveste. Et indirekte mål på deltakernes LT ble gjort ved å legge grunnverdien til en verdi på 2,3 mmol La- per liter blod som tidligere beskrevet i Storen et al. (2014). Testen ble avsluttet når deltakeren passerte verdien tilsvarende det indirekte målet på LT.

I den første arbeidsperioden skulle hastigheten tilsvare omtrent 60 % av deltakernes HFmaks. Den andre arbeidsperioden var hastigheten tilsvarende 75 % av HFmaks og for den tredje arbeidsperioden tilsvarte hastigheten 85 % av HFmaks. Dersom deltakerne ikke hadde passert LT etter tredje arbeidsperiode ble det gjort en vurdering fra testpersonell i forhold til videre økning av hastighet. Det ble konferert med deltakernes trener for å finne riktig utgangshastighet. Alle deltakerne hadde en konstant helning på 4 % gjennom alle arbeidsperiodene. Det ble registrert hjertefrekvens (HF) og

oksygenopptak ( $VO_2$ ) ved tre ulike tidspunkt det siste minuttet av arbeidsperioden, henholdsvis 3:00, 3:20 og 3:40. Dette ble gjentatt i alle de submaksimale arbeidsperiodene, slik at man i etterkant kunne relatere laktatverdien til hastighet, HF og  $VO_2$ . Test av arbeidsøkonomi i staking ble gjennomført parallelt med testen av LT. Målinger av  $VO_2$  som ble registrert underveis i arbeidsperiodene på submaksimale belastninger ble relatert til møllens hastighet. C ble beregnet både ved 70 % av  $VO_{2maks}$  og ved LT.

### 2.3.5 Maksimal- og eksplosiv styrke i nedtrekk og beinpress

Test av maksimal styrke (1RM) og effekt (W) i beinpress og nedtrekk fulgte den samme protokollen. For beinpress ble det benyttet et beinpressapparat av typen Interchangeable leg press (OPS161, Vertex USA). For testen av 1RM nedtrekk ble det benyttet et nedtrekkapparat av typen Gym2000 nedtrekkmaskin (Gym2000 AS, Vikersund, Norway). For å måle effekten ved forskjellige belastninger ble MuscleLab-systemet fra Ergotest Inovation (Langesund, Norway) benyttet. For måling av W ble det benyttet en hastighets- og lengdesensor fra dette systemet. Ved å vite ytre kraft (antall kg løftet), arbeidsvei på vekten løftet, og hastigheten (basert på tiden løftet tok), kunne systemet regne ut arbeid pr tid ( $Nm \cdot s^{-1}$ ), altså W.

Deltakerne fikk informasjon om hvordan testene skulle foregå, og fikk deretter beskjed om å gjennomføre en valgfri oppvarming på 10-15 minutter. Alle skulle gjennomføre et gitt antall serier på submaksimal belastning frem til de nådde 1RM. For å beregne submaksimale belastninger for de ulike deltakerne ble det foretatt en vurdering av testledere, trener og deltaker selv om estimert 1RM i den aktuelle øvelsen. Den første serien bestod av syv repetisjoner med 50 % av estimert 1RM. Den andre serien bestod av tre repetisjoner med 70 % av estimert 1RM. Den tredje serien bestod av to repetisjoner med 80 % av 1RM mens den fjerde serien bestod av én repetisjon med belastning tilsvarende estimert 1RM. Etter de innledende seriene med submaksimal belastning gjennomførte deltakerne serier á én repetisjon med økende belastning frem til de nådde sin kapasitet, 1RM. Testlederne gjorde hele tiden vurderinger på hvor stor økningen i belastningen skulle være mellom settene, slik at deltakerne ikke

gjennomførte for mange sett totalt. Pausene mellom seriene var to minutter for submaksimale løft og tre minutter for maksimale løft.

## 2.4 Allometrisk skalering

I denne mastergradsavhandlingen er verdier for deltakernes maksimale oksygenopptak ( $VO_{2maks}$ ) uttrykt som  $L \cdot \text{min}^{-1}$ ,  $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  og  $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-0.67} \cdot \text{min}^{-1}$ . De ulike uttrykksmåtene er valgt for bedre å ta hensyn til deltakernes kroppsvekt når  $VO_{2maks}$  skal sees i sammenheng med prestasjon.  $VO_{2maks}$  uttrykt som  $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  kan i prestasjonssammenheng være en upresis skalering fordi oksygenopptaket per kilogram ikke øker proporsjonalt med kroppsvekten, og derfor favoriserer utøvere med lavere kroppsvekt (Chamari et al., 2005). Av denne grunn er det av Åstrand og Rodahl (2003) foreslått å se  $VO_{maks}$  i forhold til kroppsvekt, opphøyd i -0,67.

## 2.5 Statistiske analyser

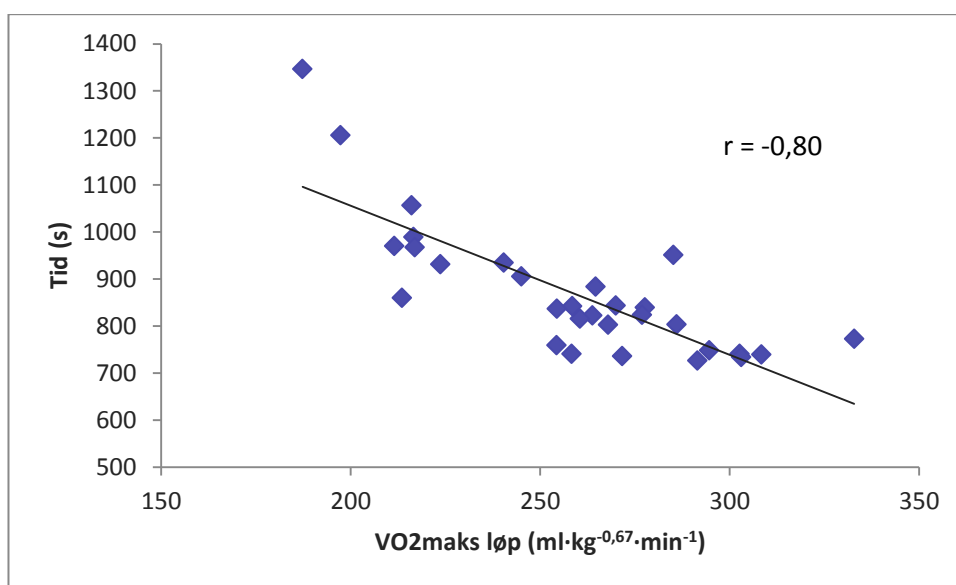
Deskriptive analyser, normalitetsanalyser, bivariate korrelasjonsanalyser og regresjonsanalyser ble gjennomført i programmet SPSS (Statistical package for Social Sciences, IBM, Chicago, IL, USA). Materialet ble sjekket for normalitet (normalfordeling) i variablene tid i prestasjonstest og  $VO_{2max}$  (løping og staking) ved hjelp av QQ-plot, og funnet normalfordelt. For sammenheng mellom variablene ble Pearsons korrelasjonstest benyttet. For standard error of estimate (SEE) ble lineære regresjonsanalyser benyttet. Det statistiske signifikansnivået ble satt til  $p < 0.05$ .

Resultatene som foreligger for testene av de ulike fysiologiske variablene er presentert som karakteristikk av deltakerne og oppsummert i tabell 1. Korrelasjoner mellom ulike fysiologiske variabler og resultater i prestasjonstestene er i dette kapittelet gjort med utgangspunkt i resultatene som er presentert i tabell 1. I tillegg ble det gjort korrelasjoner mellom de to prediktive testene for langrennsprestasjon, TT og TE. Korrelasjonene er oppsummert i tabell 2 og tabell 3. I tabell 1 og tabell 2 er det tatt utgangspunkt i hele utvalget ( $N=33$ ), og inkluderer dermed både de kvinnelige og mannlige deltagerne. I tabell 3 er korrelasjonene gjort på bakgrunn av kun de mannlige deltakerne ( $N=20$ ). Dette skyldes ulikt utgangsnivå i RAMP protokollen.

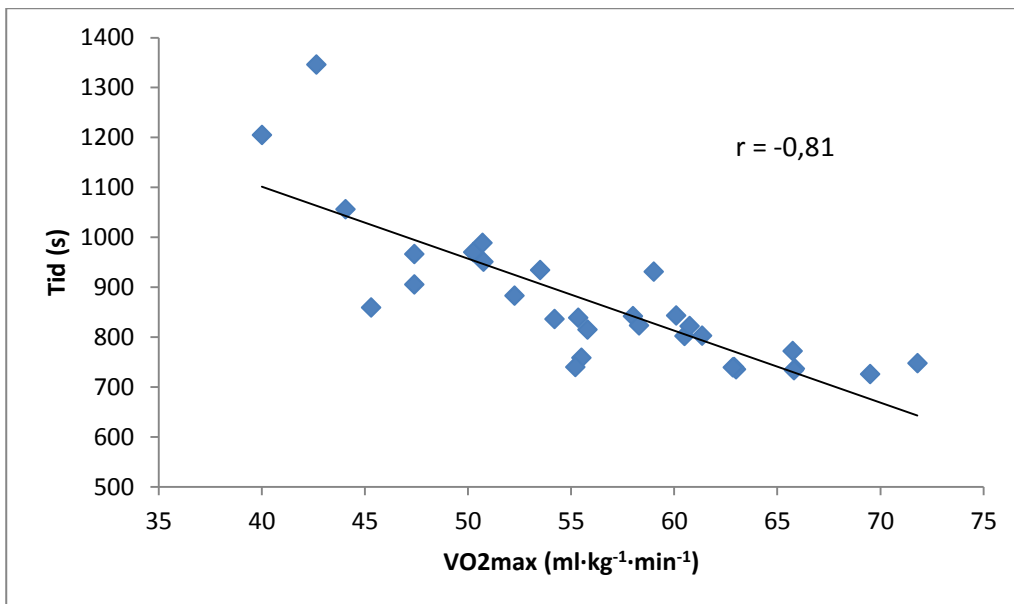


### 3 Resultater

De fysiologiske enkeltvariablene som korrelerte best med langrennsprestasjon, i form av tid brukt i testløpet, i denne studien var  $VO_{2max}$  staking og  $VO_{2maks}$  løp.  $VO_{2maks}$  staking, uttrykt som  $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ , ga den beste korrelasjonen med tid brukt i testløpet, og forklarte 66 % av prestasjonen ( $r = -0,81$ ,  $r^2 = 0,66$ ,  $p < 0,01$ ,  $SEE = 9,7\%$ ).  $VO_{2maks}$  løp ble vist å kunne forklare 63 % av prestasjonen når det maksimale oksygenopptaket ble uttrykt i forhold til kroppsvekt<sup>-0,67</sup> ( $r = -0,80$ ,  $r^2 = 0,63$ ,  $p < 0,01$ ,  $SEE = 10,1\%$ ). For  $VO_{2maks}$  løp og  $VO_{2maks}$  staking ble det funnet sterke korrelasjoner både når maksimalt oksygenopptak ble uttrykt i  $L \cdot min^{-1}$  ( $r = -0,73$ ,  $p < 0,01$ ,  $SEE = 11,3\%$  og  $r = -0,75$ ,  $p < 0,01$ ,  $SEE = 11\%$ ),  $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$  ( $r = -0,79$ ,  $p < 0,01$ ,  $SEE = 10,4\%$  og  $r = -0,81$ ,  $p < 0,01$ ,  $SEE = 9,7\%$ ) og  $ml \cdot kg^{-0,67} \cdot min^{-1}$  ( $r = -0,80$ ,  $p < 0,01$ ,  $SEE = 10,1\%$  og  $r = -0,81$ ,  $p < 0,01$ ,  $SEE = 9,7\%$ ).



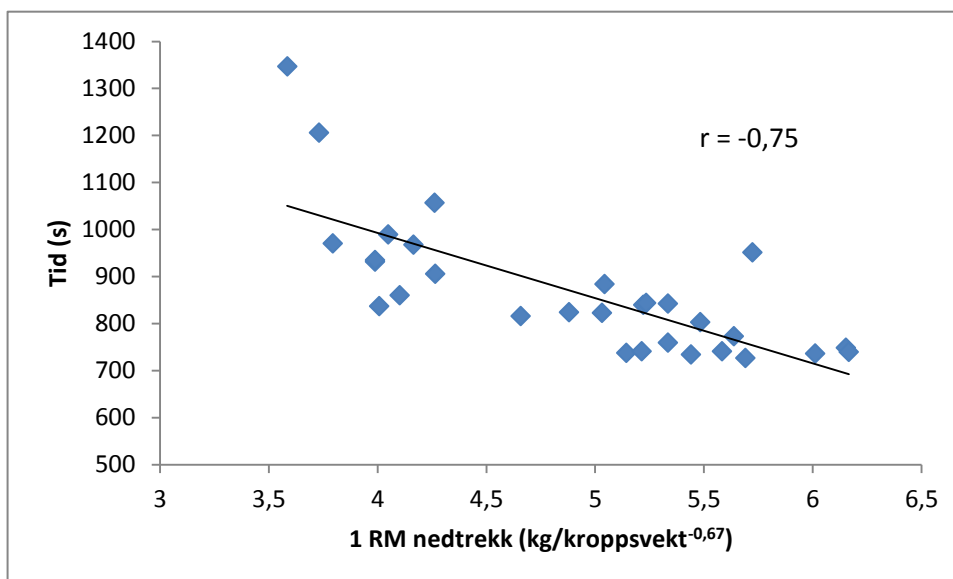
**Figur 1:** Forholdet mellom tid brukt i testløp, målt i sekunder, og  $VO_{2maks}$  løp uttrykt som  $ml \cdot kg^{-0,67} \cdot min^{-1}$ .



**Figur 2:** Forholdet mellom tid brukt i testløp, målt i sekunder, og  $VO_{2maks}$  løp uttrykt som  $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ .

Det ble funnet sterk korrelasjon mellom stakkehastighet (km/t) på laktatterskel og tid brukt i testløpet ( $r = 0,77$ ,  $r^2 = 0,60$ ,  $p < 0,01$ ,  $SEE = 10,6\%$ ). Det ble derimot ikke funnet signifikant korrelasjon når LT ble uttrykt som % av  $VO_{2maks}$ .

For arbeidsøkonomi i staking ( $C_p$ ) ble det funnet signifikante korrelasjoner med tid brukt i testløpet når  $C_p$  ble målt ved 70 % av  $HF_{maks}$  ( $r = 0,53$ ,  $r^2 = 0,28$ ,  $p < 0,01$ ,  $SEE = 14,2\%$ ) og ved LT ( $r = 0,50$ ,  $r^2 = 0,25$ ,  $p < 0,01$ ,  $SEE = 14,5\%$ ).



**Figur 3:** Forholdet mellom tid brukt i testløp, målt i sekunder, og resultat i 1 RM nedtrekk uttrykt i forhold til skalert kroppsvekt.

For styrkevariablene var det 1 RM nedtrekk, uttrykt i forhold til kroppsvekt<sup>-0,67</sup>, som korrelerte best med tid brukt i testløpet ( $r = -0,75$ ,  $r^2 = 0,56$ ,  $p < 0,01$ ,  $SEE = 11,2\%$ ). Det ble også funnet sterke korrelasjoner når 1 RM nedtrekk ble uttrykt som absolutte verdier ( $r = -0,72$ ,  $r^2 = 0,52$ ,  $p < 0,01$ ,  $SEE = 11,7\%$ ) og i forhold til kroppsvekt ( $r = -0,73$ ,  $r^2 = 0,53$ ,  $p < 0,01$ ,  $SEE = 11,6\%$ ). For beinpress ble det kun funnet signifikant korrelasjon for absolutte verdier ( $r = -0,42$ ,  $r^2 = 0,18$ ,  $p < 0,05$ ,  $SEE = 15,7\%$ ).

Maksimal effekt nedtrekk (W), korrelerte sterkt med tid brukt i testløpet ( $r = -0,75$ ,  $r^2 = 0,56$ ,  $p < 0,01$ ,  $SEE = 11,1$ ). Det ble også funnet signifikante korrelasjoner for de tre verdiene av effekt i beinpress: maksimal effekt beinpress ( $r = -0,62$ ,  $r^2 = 0,39$ ,  $p < 0,01$ ,  $SEE = 13,6\%$ ), effekt ved 1 RM beinpress ( $r = -0,59$ ,  $r^2 = 0,34$ ,  $p < 0,01$ ,  $SEE = 14\%$ ) og effekt ved sumaksimal belastning beinpress ( $r = -0,55$ ,  $r^2 = 0,30$ ,  $p < 0,01$ ,  $SEE = 14,7\%$ ).

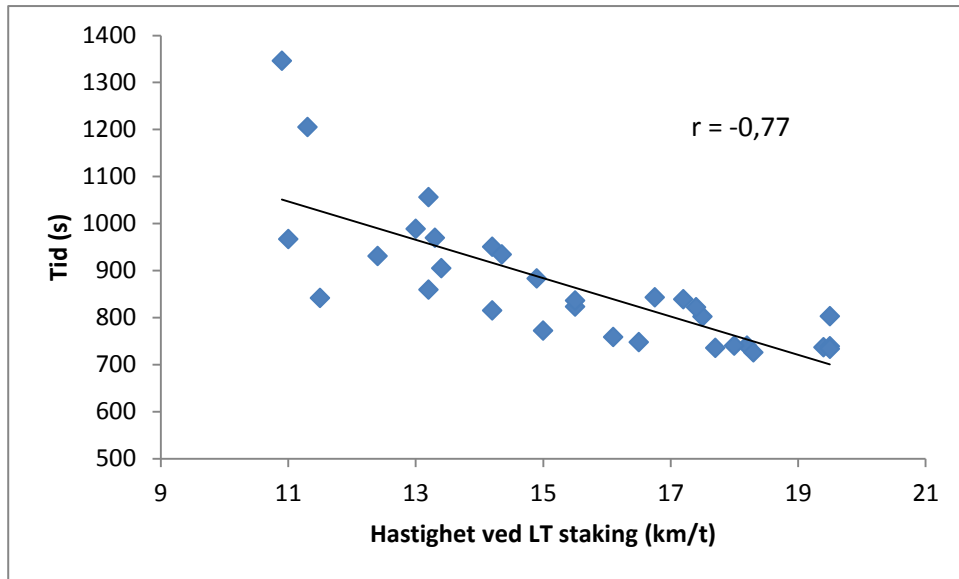
**Tabell 2: Korrelasjoner mellom variablene og tid brukt (sek) i testløp. N=33**

	r	SEE (%)
<b>Antropometri</b>		
Kroppshøyde (cm)	-0,67*	12,5
BMI	0,23	
<b>VO<sub>2maks</sub> løp</b>		
ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup>	-0,79**	10,4
L·min <sup>-1</sup> §	-0,73**	11,3
ml·kg <sup>-0,67</sup> ·min <sup>-1</sup> §	-0,80**	10,1
<b>VO<sub>2maks</sub> staking</b>		
ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> §	-0,81**	9,7
L·min <sup>-1</sup> §	-0,75**	11
ml·kg <sup>-0,67</sup> ·min <sup>-1</sup> §	-0,81**	9,7
% av VO <sub>2maks</sub> løp #	-0,27	
<b>Cp staking §</b>		
70 % av HF <sub>maks</sub>	0,53**	14,2
LT	0,50**	14,5
<b>Laktatterskel staking §</b>		
% av VO <sub>2maks</sub>	0,26	
Hastighet (km/t)	0,77**	10,6
<b>MAS staking §</b>		
	-0,75**	10,9
<b>Styrke</b>		
1 RM nedtrekk (kg) #	-0,72**	11,7
1 RM nedtrekk (kg/kroppsvekt <sup>-0,67</sup> ) #	-0,75**	11,2
1 RM nedtrekk (kg/kroppsvekt) #	-0,73**	11,6
1 RM beinpress (kg) €	-0,42*	15,7
1 RM beinpress (kg/kroppsvekt <sup>-0,67</sup> ) €	-0,28	
1 RM beinpress (kg/kroppsvekt) €	-0,18	
<b>Effekt</b>		
Maksimal effekt nedtrekk (W) †	-0,75**	11,1
Effekt ved 1RM nedtrekk (W) #	-0,50*	14,6
Effekt ved submaksimal belastning nedtrekk (W) #	-0,37	
Maksimal effekt beinpress (W) €	-0,62**	13,6
Effekt ved 1RM beinpress (W) €	-0,59**	14
Effekt ved submaksimal belastning beinpress (W) §	-0,55**	14,7
<b>Prestasjon utmattelsestest</b>		
Kvinner (N = 11)	0,77**	11,8 (36,4)
Menn (N = 20)	0,92**	2,7 (8,4)
<b>Utholdenhetsformel</b>		
LT (% av VO <sub>2maks</sub> ) · VO <sub>2maks</sub> staking /Cp staking	-0,81**	9,7
<b>Prestasjonsformel</b>		
(LT (% av VO <sub>2maks</sub> ) · VO <sub>2maks</sub> staking /Cp staking) + maksimal effekt nedtrekk	-0,80**	10,1

\*r = korrelasjonskoeffisient; SEE = standard error of estimate uttrykt i prosent (kun oppgitt ved signifikante korrelasjoner); BMI = body mass index; VO<sub>2maks</sub> = maksimalt oksygenopptak; Cp = oxygen cost of poling; HF<sub>maks</sub> = maksimal hjertefrekvens; LT = laktatterskel; MAS = maximal aerobic speed målt som kvotienten av VO<sub>2maks</sub> staking (ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>) og Cp staking (70 % HF<sub>maks</sub>); Utholdenhetsformel: LT = uttrykt som laktatterskel i prosent av VO<sub>2maks</sub>; VO<sub>2maks</sub> = uttrykt som ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>; maksimal effekt nedtrekk = uttrykt som watt; § = N = 31; # = N = 30; † = N = 29; € = N = 28; § = N = 27

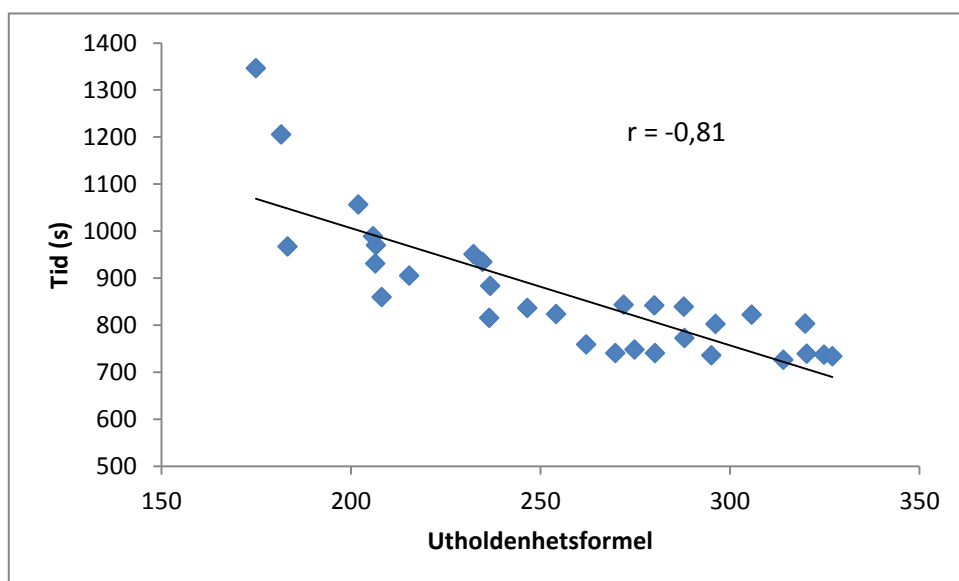
\* p < 0,05

\*\* p < 0,01

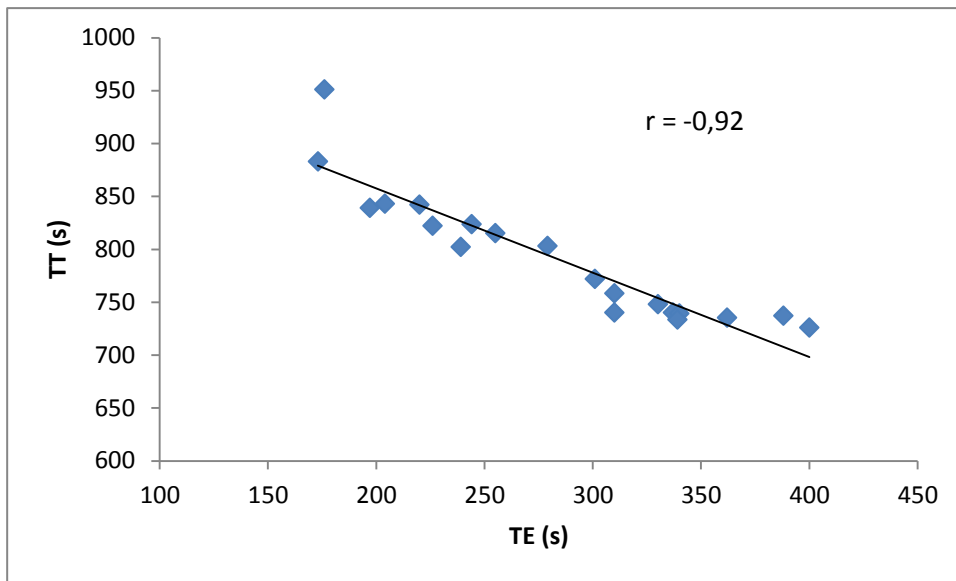


**Figur 4:** Forholdet mellom tid brukt i testløp, målt i sekunder, og hastighet ved Laktatterskel (LT) i staking, målt i km/t.

Utholdenhetsformelen, gitt som  $LT (\% \text{ av } VO_{2\text{maks}}) \cdot VO_{2\text{maks}} \text{ staking} / Cp \text{ staking}$ , korrelerte sterkt med tid brukt i testløpet ( $r = -0,81$ ,  $r^2 = 0,66$ ,  $p < 0,01$ ,  $SEE = 9,7 \%$ ), og kunne forklare 66 % av prestasjonen i testløpet. Prestasjonsformelen, gitt som  $(LT (\% \text{ av } VO_{2\text{maks}}) \cdot VO_{2\text{maks}} \text{ staking} / Cp \text{ staking}) + \text{maksimal effect nedtrekk}$ , korrelerte også sterkt med prestasjon i testløpet ( $r = -0,80$ ,  $r^2 = 0,63$ ,  $p < 0,01$ ,  $SEE = 10,1 \%$ ). Denne formelen kunne forklare 63 % av prestasjonen.



**Figur 5:** Forholdet mellom tid brukt i testløp, målt i sekunder, og resultater fra utholdenhetsformelen ( $LT (\% \text{ av } VO_{2\text{maks}}) \cdot VO_{2\text{maks}} \text{ staking} / Cp \text{ staking}$ ).



**Figur 6:** Forholdet mellom tid brukt i testløp, målt i sekunder, og tid til utmattelse i utmattelsestest, målt i sekunder. N = 20

Tid til utmattelse i utmattelsestest (TE) ble funnet å korrelere sterkt med tid brukt i testløpet (TT) for både de mannlige ( $r = -0,92$ ,  $r^2 = 0,86$ ,  $p < 0,01$ ,  $SEE = 2,7\%$ ) og de kvinnelige ( $r = -0,77$ ,  $r^2 = 0,59$ ,  $p < 0,01$ ,  $SEE = 11,8\%$ ) deltakerne.

Alle korrelasjoner mellom de ulike fysiologiske variablene og TE for de mannlige deltakerne (N = 20) er oppsummert i tabell 3.

**Tabell 3: Korrelasjoner mellom variablene og tid til utmattelse (sek) i utmattelsestest.  
N=20**

	r	SEE (%)
<b>Antropometri</b>		
Kroppshøyde (cm)	-0,06	
BMI	0,23	
<b>VO<sub>2maks</sub> løp</b> §		
ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup>	0,37	
L·min <sup>-1</sup>	0,39	
ml·kg <sup>-0,67</sup> ·min <sup>-1</sup>	0,43	
<b>VO<sub>2maks</sub> staking</b>		
ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup>	0,75**	17
L·min <sup>-1</sup>	0,54**	21,5
ml·kg <sup>-0,67</sup> ·min <sup>-1</sup>	0,69**	18,4
% av VO <sub>2maks</sub> løp §	0,47	
<b>Cp staking</b>		
70 % av HF <sub>maks</sub>	-0,61**	20,1
LT	-0,71**	18
<b>Laktatterskel staking</b>		
% av VO <sub>2maks</sub>	-0,65**	19,4
Hastighet (km/t)	0,60*	20,4
<b>MAS staking</b>	0,77**	16,3
<b>Styrke</b>		
1 RM nedtrekk (kg) §	0,41*	23,9
1 RM nedtrekk (kg/kroppsvekt <sup>-0,67</sup> ) §	0,45*	23,4
1 RM nedtrekk (kg/kroppsvekt) §	0,37	
1 RM beinpress (kg) #	0,13	
1 RM beinpress (kg/kroppsvekt <sup>-0,67</sup> ) #	0,07	
1 RM beinpress (kg/kroppsvekt) #	0,03	
<b>Effekt</b>		
Maksimal effekt nedtrekk (W) §	0,60*	21,1
Effekt ved 1RM nedtrekk (W)	0,15	
Effekt ved submaksimal belastning nedtrekk (W)	0,38	
Maksimal effekt beinpress (W) #	0,30	
Effekt ved 1RM beinpress (W) #	0,18	
Effekt ved submaksimal belastning beinpress (W) #	0,16	
<b>Prestasjon testløp</b>		
Kvinner (N = 11)	0,77**	11,8 (36,4)
Menn (N = 20)	0,92**	2,7 (8,4)
<b>Utholdenhetsformel</b>		
LT (% av VO <sub>2maks</sub> ) · VO <sub>2maks</sub> staking /Cp staking	0,60*	20,5
<b>Prestasjonsformel</b> §		
(LT (% av VO <sub>2maks</sub> ) · VO <sub>2maks</sub> staking /Cp staking) + maksimal effekt nedtrekk	0,66**	19,6

\* r = korrelasjonskoeffisient; SEE = standard error of estimate uttrykt i prosent (kun oppgitt ved signifikante korrelasjoner); BMI = body mass index; VO<sub>2maks</sub> = maksimalt oksygenopptak; Cp = oxygen cost of poling; HF<sub>maks</sub> = maksimal hjertefrekvens; LT = laktatterskel; MAS = maximal aerobic speed målt som kvotienten av VO<sub>2maks</sub> staking (ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>) og Cp staking (70 % HF<sub>maks</sub>); Utholdenhetsformel: LT = uttrykt som laktatterskel i prosent av VO<sub>2maks</sub>; VO<sub>2maks</sub> = uttrykt som ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>; maksimal effekt nedtrekk = uttrykt som watt; § = N = 19; # = N = 18  
\* p < 0,05  
\*\* p < 0,01

## 4 Diskusjon

I den foreliggende studien var formålet å studere potensielle sammenhenger mellom fysiologiske og antropometriske variabler og en prestasjonstest på rulleski i rulleskiløype (TT) og i tillegg en utmattelsestest på rulleskimølle (TE). I tillegg ble det utarbeidet to ulike prestasjonsformler, sammensatt av flere fysiologiske variabler, som også ble korrelert mot TT og TE.

Hovedfunnene i denne oppgaven viste at de fysiologiske enkeltvariablene som korrelerte best med langrennsprestasjon i form av tid brukt i testløpet (TT), var VO<sub>2</sub>max staking og VO<sub>2</sub>maks løp. VO<sub>2</sub>maks staking, uttrykt som ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>, ga den beste korrelasjonen med tid brukt i testløpet, og forklarte 66 % av prestasjonen ( $r = -0,81$ ,  $r^2 = 0,66$ ,  $p < 0,01$ , SEE = 9,7 %). VO<sub>2</sub>maks løp ble vist å kunne forklare 63 % av prestasjonen når det maksimale oksygenopptaket ble uttrykt i forhold til kroppsvekt-0,67 ( $r = -0,80$ ,  $r^2 = 0,63$ ,  $p < 0,01$ , SEE = 10,1 %). For styrkevariablene var det 1 RM nedtrekk, uttrykt i forhold til kroppsvekt-0,67, som korrelerte best med tid brukt i testløpet ( $r = -0,75$ ,  $r^2 = 0,56$ ,  $p < 0,01$ , SEE = 11,2 %). I tillegg ble funnet sterk korrelasjon mellom stakkehastighet (km/t) på laktatterksel og TT ( $r = 0,77$ ,  $r^2 = 0,60$ ,  $p < 0,01$ , SEE = 10,6 %)

Begge de sammensatte prestasjonsformlene korrelerte sterkt med TT. Utholdenhetsformelen, gitt som  $LT (\% \text{ av } VO_2\text{maks}) \cdot VO_2\text{maks staking} / Cp \text{ staking}$ , korrelerte sterkt med tid brukt i testløpet ( $r = -0,81$ ,  $r^2 = 0,66$ ,  $p < 0,01$ , SEE = 9,7 %), og kunne forklare 66 % av prestasjonen i testløpet. Prestasjonsformelen, gitt som  $(LT (\% \text{ av } VO_2\text{maks}) \cdot VO_2\text{maks staking} / Cp \text{ staking}) + \text{maksimal effect nedtrekk}$ , korrelerte også sterkt med prestasjon i testløpet ( $r = -0,80$ ,  $r^2 = 0,63$ ,  $p < 0,01$ , SEE = 10,1 %). Denne formelen kunne forklare 63 % av prestasjonen. Ingen av disse formlene korrelerte imidlertid bedre med TT enn VO<sub>2</sub>max alene.

Det ble funnet en korrelasjon mellom kroppshøyde og TT ( $r = -0,67$ ,  $p < 0,05$ , SEE = 12,5 %), men ikke i nærheten av en korrelasjon for gutter alene. Dette kan tolkes som at denne sammenhengen kun representerer kjønnsforskjeller og ikke



prestasjonsforskjeller *per se*. Mer presist vil korrelasjon mellom kroppshøyde og TT gjenspeile at gutter bruker kortere tid på TT enn jenter og at gutter i gjennomsnitt er høyere enn jenter.

#### 4.1 Relasjonen mellom $VO_{2maks}$ og prestasjon

I den foreliggende studien ble det funnet signifikante korrelasjoner mellom  $VO_{2maks}$  og TT, både når  $VO_{2maks}$  ble testet i løping og i staking. For  $VO_{2maks}$  løp ble det funnet signifikante korrelasjoner både når maksimalt oksygenopptak ble uttrykt i  $L \cdot \text{min}^{-1}$  ( $r = -0,73$ ,  $p < 0,01$ ,  $SEE = 11,3 \%$ ),  $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  ( $r = -0,79$ ,  $p < 0,01$ ,  $SEE = 10,4 \%$ ) og  $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-0,67} \cdot \text{min}^{-1}$  ( $r = -0,80$ ,  $p < 0,01$ ,  $SEE = 10,1 \%$ ). Det ble også for  $VO_{2maks}$  staking funnet signifikante korrelasjoner med TT når  $VO_{2maks}$  ble uttrykt både i  $L \cdot \text{min}^{-1}$  ( $r = -0,75$ ,  $p < 0,01$ ,  $SEE = 11 \%$ ),  $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  ( $r = -0,81$ ,  $p < 0,01$ ,  $SEE = 9,7 \%$ ) og  $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-0,67} \cdot \text{min}^{-1}$  ( $r = -0,81$ ,  $p < 0,01$ ,  $SEE = 9,7 \%$ ). At  $VO_{2maks}$  en viktig faktor for prestasjon i langrenn er også funnet i tidligere studier som har undersøkt fysiologiske prestasjonsbestemmende faktorer for langrennsprestasjon (Alsobrook & Heil, 2009; U. Bergh, 1987; Ingjer, 1991; Larsson et al., 2002; Mahood et al., 2001; Mygind et al., 1994; Mygind et al., 1991; Niinimaa et al., 1978). Resultatene er også i samvar med tidligere studier som omhandler prestasjon i aerobe utholdenhetsidretter, både for løping (Paavolainen et al., 2000; Stoa et al., 2010; Storen et al., 2008) og sykling (Bentley et al., 2001; Storen et al., 2013).

Av de fysiologiske faktorene som er vist å være avgjørende for utholdenhetsprestasjon, er det derfor bred konsensus om at en utøvers  $VO_{2maks}$  kan sies å være den viktigste enkeltfaktoren i et heterogent utvalg (Bassett & Howley, 2000; di Prampero, 2003; Helgerud et al., 2007; Pate & Kriska, 1984). Hos langrennsløpere på høyt nivå er det vist svært høye verdier for  $VO_{2maks}$ , henholdvis  $80-90 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  for mannlige løpere og  $70-80 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  for kvinnelige løpere (Ø. Sandbakk & Holmberg, 2014). At langrennsløpernes aerobe utholdenhet har vist seg å være av avgjørende betydning knyttes til løpenes varighet på 10 - 120 minutter og den gjennomsnittlig høye intensiteten (Mahood et al., 2001; Ø. Sandbakk & Holmberg, 2014). I denne studien brukte løperne i gjennomsnitt 14 minutter og 26 sekunder i testløpet, noe som kan tilsvare et relativt kort distanselangrenn. Sammenlignet med tidsforbruk og nivå, vil

dette basert på resultater fra løpere i studien til Støa et al 2010 indikere en gjennomsnittintensitet på 95-100% av  $VO_{2max}$ . Den aerobe utholdenheten er nært knyttet til den aerobe energiomsetningen som i distanselangrenn står for 85-95 % av den totale energiomsetningen (O. Sandbakk & Holmberg, 2017).  $VO_{2maks}$  kan således direkte relateres til den aerobe energiomsetningen, og bestemmer både hvor fort og hvor mye energi som kan omsettes ved bruk av oksygen (Bassett & Howley, 2000). Det er derfor naturlig at utøvernes  $VO_{2maks}$  var av stor betydning i denne studien, på bakgrunn av testløpets varighet.

Når store muskelgrupper er involvert antas det i di Prampero (2003) at så mye som 70-75 % av begrensningen av  $VO_{2maks}$  skyldessirkulasjonssystemets transportkapasitet, uttrykt som MV. Både løping og langrenn er eksempler på helkroppsarbeid der store muskelgrupper er involvert. I denne studien er det derfor ikke overraskende at utøvernes  $VO_{2maks}$  staking var såpass høy i forhold til  $VO_{2maks}$  løping ( $r=0,83$ ,  $p<0,01$ ,  $SEE=6,8$  %).  $SEE = 6,8$  % indikerer at dersom én av deltakerne hadde  $>6,8$  % høyere  $VO_{2maks}$  løping enn en annen deltaker, så hadde den førstnevnte deltakeren garantert høyere  $VO_{2maks}$  i staking.

Det er tidligere blitt vist at  $VO_{2maks}$  får mindre betydning for prestasjon for utvalg der det er relativt små forskjeller i  $VO_{2maks}$  (Rundell & Bacharach, 1995; Sjodin & Svedenhag, 1985). I denne studien representerer deltakerne et relativt heterogent utvalg hva gjelder  $VO_{2maks}$ -verdier og TT prestasjon hva gjelder langrennsløpere (hvh variasjonskoeffisient på 19% og 16%). Siden alle deltakerne oppfylte kravene for nivå på langrennsferdigheter, er gruppens heterogenitet til en viss grad et resultat av at både jenter og gutter er inkludert i utvalget, men selv for ett og ett kjønn ligger variasjonskoeffisienten på over 10% for begge variabler.

## 4.2 Relasjonen mellom arbeidsøkonomi og prestasjon

I den foreliggende studien ble det funnet signifikante korrelasjoner mellom arbeidsøkonomi i staking ( $C_p$ ) og tid brukt i testløpet, både når  $C_p$  ble målt ved 70 % av  $HF_{maks}$  ( $r = 0,53$ ,  $r^2 = 0,28$ ,  $p<0,01$ ,  $SEE = 14,2$  %) og ved LT ( $r = 0,50$ ,  $r^2 = 0,25$ ,  $p<0,01$ ,  $SEE = 14,5$  %). Selv om det fantes signifikante korrelasjoner, kunne ikke  $C_p$  målt ved 70

% av  $HF_{maks}$  forklare mer enn 28 % av prestasjonen i testløpet. Dette er motstridende med flere tidligere studier som konkluderer med at arbeidsøkonomi er en viktig fysiologisk faktor for å bestemme prestasjon i typiske utholdenhetsidretter (Bassett & Howley, 2000; Conley & Krahenbuhl, 1980; di Prampero, 2003; Foster & Lucia, 2007; Hoff et al., 1999; Pate & Kriska, 1984; Storen et al., 2008; Storen et al., 2013; Sunde et al., 2010). Imidlertid hadde deltakerne i den foreliggende studien en relativt høy variasjonskoeffisient hva gjelder  $VO_{2max}$ , mens det i flere av de tidligere studiene det kan være naturlig å sammenlikne med var en betraktelig større homogenitet hva gjelder denne variabelen. Et eksempel på dette er løpsstudien til Conley og Krahenbuhl (1980), hvor løperne faktisk var matchet for  $VO_{2max}$ . I studien til Conley og Krahenbuhl (1980) ble det vist at arbeidsøkonomi forklarte omtrent 65 % av prestasjonen i et løp på 10 km hos en gruppe mannlige løpere på høyt nasjonalt nivå. Dette kan tyde på at ved heterogenitet i  $VO_{2max}$  i typiske utholdenhetsidretter, får C mindre betydning som enkeltvariabel (og vice versa).

Det som imidlertid var mer overaskende var at selv om Cp i den foreliggende studien ble lagt inn i både utholdenhetsformelen ( $LT (\% \text{ av } VO_{2maks}) \cdot VO_{2maks} \text{ staking} / Cp \text{ staking}$ ) og prestasjonsformelen ( $LT (\% \text{ av } VO_{2maks}) \cdot VO_{2maks} \text{ staking} / Cp \text{ staking} + \text{maksimal effekt nedtrekk}$ ), korrelerer ikke noen av formlene bedre av den grunn. Dette er overraskende fordi det indikerer at de deltakerne som har høyest verdi for  $VO_{2maks}$  ikke er de samme som har best arbeidsøkonomi. Dette er derfor ikke i samsvar med Storen et al. (2013), som fant en en sterkere korrelasjon mellom en utarbeidet utholdenhetsformel og prestasjon i sykling når arbeidsøkonomi var en del av formelen.

### 4.3 Relasjonen mellom LT og prestasjon

I denne studien ble det undersøkt sammenhenger mellom LT og prestasjon i testløpet, både når LT ble uttrykt som % av  $VO_{2maks}$  og hastighet (km/h). Det ble funnet sterk korrelasjon mellom LT uttrykt som hastighet (km/h) og prestasjon i testløpet ( $r = 0,77$ ,  $p < 0,01$ ,  $SEE = 10,6\%$ ). Dette var ikke overaskende da det tidligere i sykling er vist at hastighet på LT i hovedsak er produkt av  $VO_{2max}$  og C (Storen et al 2014). Spesielt  $VO_{2max}$  korrelerte jo godt med TT i den foreliggende studien, og derfor er disse resultatene i samsvar med den sammenheng som trekkes fram i Helgerud et al (2007). I

Helgerud et al. (2007) ble det vist at løpshastigheten ved LT økte etter 8 uker med høyintensiv intervalltrening, og den foreslåtte årsaken til dette var tilsvarende økning i VO<sub>2</sub>maks og arbeidsøkonomi. Den reelle laktatterskelen beskriver imidlertid intensiteten målt i prosent av VO<sub>2</sub>maks på et steady state arbeid, der konsentrasjonen av laktat i blodet begynner å akkumuleres (Davis, 1985; Storen et al., 2014). I denne studien ble det ikke vist noen sammenheng mellom LT og TT prestasjon, men derimot en sammenheng mellom LT og TE. At det ikke ble funnet samsvar mellom LT og TT er ikke overaskende, da det i mange studier er vist at LT uttrykt i % av VO<sub>2</sub>maks ikke endres ved trening i særlig grad hos utholdenhetstrener individer (Helgerud et al., 2001; Helgerud et al., 2007). Av den grunn burde ikke LT i % av VO<sub>2</sub>maks være en sterk prediktor på prestasjon, slik også denne studien støtter hva gjelder TT. Imidlertid viste LT seg å kunne predikere ca 36 % av resultatene i TE.

#### **4.4 Relasjonen mellom maksimal styrke og prestasjon**

Resultene i den foreliggende studien viste at det blant styrkevariablene var 1 RM nedtrekk uttrykt i forhold til kroppsvekt<sup>-0,67</sup> som korrelerte best med tid brukt i testløpet ( $r = -0,75$ ,  $p < 0,01$ ,  $SEE = 11,2\%$ ). Det ble også funnet nesten identisk korrelasjon når 1 RM nedtrekk ble uttrykt som absolutte verdier ( $r = -0,72$ ,  $p < 0,01$ ,  $SEE = 11,7\%$ ) og i forhold til kroppsvekt ( $r = -0,73$ ,  $p < 0,01$ ,  $SEE = 11,6\%$ ). For beinpress ble det kun funnet signifikant korrelasjon for absolutte verdier ( $r = -0,42$ ,  $r^2 = 0,18$ ,  $p < 0,05$ ,  $SEE = 15,7\%$ ). I samsvar med funnet i denne studien om at maksimalstyrke i nedtrekk har god sammenheng med prestasjon i staking, fant Losnegard et al. (2011) sammenheng mellom økning i maksimal styrke i øvelsene nedtrekk og knebøy og prestasjon i staking, målt som en fem minutters prestasjonstest på stakemølle. Det har også blitt foreslått at de løperne som oppnår høyest hastighet i staking er de som utvikler størst kraft gjennom stavene (Holmberg et al., 2005), og at dette skyldes forskjell i muskulær styrke hos utøverne (Bilodeau et al., 1995; Holmberg et al., 2005; Stoggl et al., 2007).

Det er i utgangspunktet ikke overraskende at maksimal styrke i nedtrekk viser god sammenheng med prestasjon i TT i denne studien. Dette er på bakgrunn av at store deler av fremdriften kommer fra kraft som nedlegges gjennom stavene (Rusko, 2008), og dermed blir overkroppsmuskulatur naturlig nok en viktig bidragsyter. Det er samtidig

viktig å påpeke at studien er gjennomført med langrennsløpere på høyt nivå med gjennomsnittlig høyt  $VO_{2maks}$ . Det er sannsynlig å anta at sammenhengen mellom maksimal styrke og prestasjon i TT ville vært svakere dersom studien hadde vært gjennomført med et utvalg løpere med større variasjon i tekniske ferdigheter og enda større forskjeller i  $VO_{2maks}$ . I langrennsteknikk er momenter som balanse og tyngdeoverføring vist å være svært viktig for å få kraften som legges ned til å virke i riktig retning og skape fremdrift for løperen (Rusko et al., 2008; Ø. Sandbakk & Tønnessen, 2012). I det større totalstudiet som denne masteroppgaven beskriver en del av, ble det gjort videoanalyser av teknikk samt at det ble målt bruk av krefter gjennom stav ved bruk av kraftmåler, gyrometer og aksellerometer. Analysene av disse målingene er ikke ferdige enda når denne oppgaven skrives, men i den grad jeg kan tillate meg å spekulere ser det ikke ut til å være store forskjeller i teknisk utførelse i staking mellom løperne.

I den foreliggende studien er 1 RM i beinpress uttrykt om absolutte verdier vist å ha en signifikant sammenheng med tid brukt i testløpet ( $r = -0,42$ ,  $p < 0,05$ ). Likevel kunne denne variabelen kun forklare 18 % av prestasjonen. Dette kan skyldes at strekkapparatet i beina totalt sett står for en liten del av arbeidet i kraftutviklingen for å skape fremdrift i staking. Dette er i kontrast til T. Losnegard et al. (2011) der det ble funnet sterk sammenheng mellom 1 RM i knebøy og tid brukt på 100 m på rulleski ( $r = -0,89$ ,  $p < 0,01$ ). Det kan derimot diskuteres om bidraget fra strekkapparatet i beina er større når distansen er såpass kort i forhold til distanselangrenn som TT i denne studien er et eksempel på, da det kan observeres store tekniske forskjeller mellom staking i 100m vs. staking i ca. 5 km.

Siden denne oppgaven har form av en kartleggingsstudie, er det vanskelig å slå fast årsakene til at de med høy 1 RM nedtrekk presterer godt i testløpet på rulleski. Derimot har tidligere studier undersøkt hvilke fordeler økt maksimal- og eksplosiv styrke kan ha for utholdenhetsprestasjon. I Hoff et al (1999), der treningsgruppen økte 1RM i nedtrekk med gjennomsnittlig 15 %, ble det diskutert og konkludert med at den økte maksimale styrken førte til at den relative belastningen i staking, oppgitt som prosent av 1RM, ble redusert. Løperne kunne altså utvikle samme kraft på en mindre prosentandel

av deres respektive maksimale styrke. I Hoff et al. (2002) foreslås det at en effekt av maksimal styrketrening er en mer optimal aktivering av motoriske enheter. Det vil si at færre motoriske enheter aktiveres på en gitt submaksimal belastning, og det kreves mindre tilgang av oksygen. Som en følge av dette vil man også kunne tenke seg at tiden til utmattelse øker fordi man kan holde på lengre før muskulær tretthet oppstår (Gandevia, 2001; Sunde et al., 2010). Dette vil i så måte være energibesparende og mer arbeidsøkonomisk (Hoff et al., 2002; Storen et al., 2008).

Som et mål på eksplosiv styrke ble det i den foregående studien målt effekt, og for både nedtrekk ( $r = -0,75$ ,  $p < 0,01$ ,  $SEE = 11,1\%$ ) og beinpress ( $r = -0,62$ ,  $p < 0,01$ ,  $SEE = 13,6\%$ ) ble det funnet signifikant sammenheng mellom maksimal effekt og prestasjon i TT. Det ble også funnet sterk sammenheng mellom 1 RM i nedtrekk og maksimal effekt i nedtrekk ( $r = 0,87$ ,  $p < 0,01$ ), noe som ikke er overaskende all den stund kraft er en viktig variabel i den fysiske formelen for effekt (effekt = (kraft · arbeidsvei) / tid). Dette sier noe om at det kan være hensiktsmessig å trene maksimal styrketrening i nedtrekk for å øke maksimal effekt i nedtrekk. Rundell et al. (1994) fant en sterk korrelasjon ( $r = -0,961$ ) mellom eksplosiv styrke uttrykt som RFD og langrennsprestasjon, målt som tid brukt på 1 km staking i motbakke på stakemølle. Det har også blitt foreslått at de utøverne som evnet å skape stor kraft med en kortere sykluslengde på kraftutviklingen, gjennom god eksplosiv styrke, fikk en lengre hvileperiode mellom kontraksjonene i hver syklus, som igjen ville være gunstig for tilførselen av oksygen til arbeidende muskulatur. (Bilodeau et al., 1995; Stöggl et al., 2006).

Det ble også vist signifikant sammenheng mellom at de som hadde størst effekt i nedtrekk også hadde best  $C_p$  i denne studien ( $r = 0,60$ ,  $p < 0,01$ ). Sunde et al (2010) fant sammenheng mellom økning i effekt som følge av maksimal styrketrening, bedre arbeidsøkonomi og tid til utmattelse i en test gjennomført på ergometersykel. Det har tidligere blitt sett på hvordan økning i effekt sammenfaller med økning i RFD, og hvordan økt RFD kan påvirke den muskulære effektiviteten og transittiden for oksygen. Økt transittid bedrer forholdene for å få tilgang til tilstrekkelig mengde oksygen i arbeidende skjelettmuskulatur, og er også tidligere vist å korrelere med  $A-VO_2$ -differansen (Saltin, 1985). I dette tilfellet vil transittiden øke fordi muskelkontraksjonene

gjennomføres raskere, noe som øker tiden mellom kontraksjonene, og det er i hovedsak denne tidsperioden som brukes til oksygentilførsel fra blodet til muskelcellen (Shoemaker et al., 1994; Sunde et al., 2010). Dette tilsier at det kan lønne seg å øke RFD for å bedre arbeidsøkonomien.

## 4.5 Prediktive tester for prestasjon

I tillegg til et testløp på rulleski i rulleskiløype (TT), ble det i den foreliggende studien også gjennomført en utmattelsestest på rulleskimølle (TE) etter en egenutviklet RAMP-protokoll. Det ble funnet sterk korrelasjon mellom TT og TE for både de mannlige ( $r = -0,92$ ,  $p < 0,01$ ,  $SEE = 2,7\%$ ) og de kvinnelige ( $r = -0,77$ ,  $p < 0,01$ ,  $SEE = 11,8\%$ ) deltakerne. Grunnen til at det er gjort et skille mellom kvinnelige og mannlige deltakere for denne korrelasjonen er på bakgrunn av ulikhet i testprotokollen. Denne ulikheten er beskrevet tidligere (2.3.2), og innebærer at jentene startet på en lavere belastning enn guttene.

Bakgrunnen for at TE er en god prediktor på tidsforbruk i TT vil være av to årsaker: at TE og TT er gjennomført i samme bevegelsesform og TE er blant annet lagt opp for å finne  $VO_{2maks}$ , som igjen viste seg å korrelere sterkt med TT. Imidlertid ser vi at delvariablene som korrelerer med TE ikke er helt de samme for TT. En av grunnene er at korrelasjonene mellom TE og de ulike fysiologiske enkeltvariablene, i tillegg til de to prestasjonsformlene, er gjennomført på en mer homogen gruppe der kun de mannlige deltakerne er inkludert. Delvariablene ville med stor sannsynlighet korrelert mer likt dersom begge kjønn hadde vært inkludert.

## 4.6 Prestasjonsformler og prestasjon

I denne studien ble det vist at både utholdenhetsformelen ( $r = -0,81$ ,  $p < 0,01$ ,  $SEE = 9,7\%$ ) og prestasjonsformelen ( $r = -0,80$ ,  $p < 0,01$ ,  $SEE = 10,1\%$ ) korrelerte sterkt med tid brukt i testløpet. Formlene er begge basert på fysiologiske faktorer som tidligere har vist seg viktig for prestasjon i typiske utholdenhetsidretter og formler fra Pate og Kriska (1984), Bassett og Howley (2000), di Prampero (2003) og Storen et al. (2013). Utholdenhetsformelen ble i den foreliggende studien gitt som  $LT (\% \text{ av } VO_{2maks}) \cdot VO_{2maks}$  staking /  $C_p$  staking mens prestasjonsformelen ble gitt som  $(LT (\% \text{ av } VO_{2maks}) \cdot VO_{2maks}$

steking /Cp steking) + maksimal effekt nedtrekk. Det er verdt å merke seg at resultatene i denne studien viser at flere enkeltvariabler korrelerer godt med TT, men sammen viser de ikke bedre korrelasjon. Dette er i motsetning til Storen et al. (2013), der prestasjonsformelen korrelerte bedre dersom arbeidsøkonomi ble lagt til i formelen. Selv om ikke Cp viste spesielt sterk korrelasjon med TT i denne studien, var korrelasjonen likevel signifikant ( $p < 0,01$ ). Som i Storen et al (2013) ble det gjennomført variation inflation (VIF) tester for å se om den ene enkeltvariabelen ble direkte påvirket av en annen. Ingen av enkeltvariabelene slo ut på denne testen hvis man ser bort fra samme variabler med ulik korreksjon for vekt (eksempelvis  $L \cdot \text{min}^{-1}$  og  $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  i  $\text{VO}_{2\text{max}}$ ).

Utholdenhetsformelen og prestasjonsformelen ble vist å kunne forklare henholdsvis 66 % og 63 % av prestasjonen for TT. Selv om maksimal effekt nedtrekk ble lagt til i prestasjonsformelen, styrket ikke dette korrelasjonen med TT. En faktor som muligens kan ha vært med å forklare prestasjonen for TT er nettopp teknikkskifter og tekniske vurderinger i forhold til løypa som ble benyttet. Andersson et al (2010) viste at langrennsløpere på elitenivå skiftet teknikk mellom 21 og 34 ganger i løpet av en test gjennomført i en sprintløype (1425 meter) med maksimalt innsats. I distanselangrenn er det estimert at langrennsløpere skifter teknikk flere hundre ganger i løpet av en konkurranse (O. Sandbakk & Holmberg, 2017). Rulleskiløypen som ble benyttet i den foreliggende studien var variert med tanke på terreng og svinger, og det ble observert ulike tekniske løsninger på stakingen underveis. Det er derimot vanskelig å konkludere med noe på bakgrunn av enkle observasjoner.

## 4.7 Antropometri og prestasjon

Det ble funnet en signifikant korrelasjon mellom kroppshøyde og TT for hele utvalget ( $r = -0,67$ ,  $p < 0,05$ ,  $\text{SEE} = 12,5\%$ ), men hverken for gutter eller jenter alene. Dette kan tolkes som at denne sammenhengen kun representerer kjønnsforskjeller og ikke prestasjonsforskjeller per se. I den foreliggende studien hadde guttene en gjennomsnittshøyde på 182 cm mens jentenes gjennomsnittshøyde var på 168 cm. Resultatene på tid brukt i testløpet viste at guttene brukte i gjennomsnitt 13,2 minutter mens jentene i gjennomsnitt brukte 16,7 minutter. Oppsummert kan vi si at korrelasjon



mellom kroppshøyde og TT gjenspeiler at gutter bruker kortere tid på TT enn jenter og at gutter i gjennomsnitt er høyere enn jenter. Det ble ikke funnet korrelasjon mellom kroppshøyde og prestasjon i TE. Det ble heller ikke vist sammenheng mellom kroppsvekt og TT eller TE for hverken hele utvalget samlet eller gutter og jenter hver for seg.

## 4.8 Metodiske betraktninger

En styrke ved den foreliggende studien var at alle deltakerne gjennomførte testbatteriet over to dager, og at testene ble gjennomført i samme rekkefølge. Dette gjorde det praktisk mulig at alle fikk omtrent like lange pauser mellom testene, slik at utgangspunktet før hver test var tilnærmet likt for alle deltakerne. En grunn til å teste over en kort periode er at deltekernes fysiske form ikke endres i særlig grad underveis i testperioden på bakgrunn av fysiologiske tilpasninger til trening eller andre årsaker. Det kan derimot diskuteres om testbatteriet burde vært fordelt på tre dager på grunn av totalbelastning ved testene og totalt sett lange dager.

En annen styrke ved denne studien var at testen av  $VO_{2maks}$  ble gjennomført både som løping og staking. Det har blitt foreslått at testing av  $VO_{maks}$  bør gjøres så spesifikt opp til den idretten det skal testes mot på grunn av de ulike tilpasningene som skjer ved systematisk trening av den gitte aktiviteten (Bilodeau et al., 1995; Mygind et al., 1991; Stromme et al., 1977). Innen langrenn har det blitt vist at testing av maksimal oksygenopptak gjort på rullskimølle eller annen form for skiergometer der også overkroppsarbeid er inkludert kan predikere langrennsprestasjon bedre enn  $VO_{2maks}$  testet ved løping (Bilodeau et al., 1995; Mahood et al., 2001; Mygind et al., 1991; Rundell, 1995). Testing i både løp og staking ga også muligheten for å vurdere deltakernes aerobe kapasitet i staking i forhold til løping.

I den foreliggende studien ble både de kvinnelige og de mannlige deltakerne inkludert i det samme utvalget i korrelasjonene som ble gjort mellom de ulike fysiologiske variablene og prestasjonsformlene og TT. At begge kjønn ble inkludert sørget for heterogenitet i gruppen og et mer hensiktsmessig antall deltakere. Utfordringen med for homogene grupper er å synliggjøre enkelte variabelers betydning for prestasjon.

Dette er tidligere vist i studier som har funnet liten sammenheng mellom  $VO_{2maks}$  og prestasjon i ulike utholdenhetsidretter (Rundell & Bacharach, 1995; Sjodin & Svedenhag, 1985) på bakgrunn av et utvalg som har liten variasjon i  $VO_{2maks}$ -verdier. På en annen side hadde den foreliggende studien dermed også en kjønnsdimensjon i og med at jentene gjennomsnittlig presterte dårligere i TT enn guttene.

En svakhet ved denne studien var at enkelte av deltakerne hadde liten erfaring med rulleskimølle før de gjennomførte studien. Dette gjorde seg spesielt gjeldende ved TE-testen. Selv om deltakerne gjennomførte oppvarming på rulleskimølle før teststart, er det mulig å anta at usikkerhet på grunn av liten erfaring kan ha påvirket enkelte av deltakerne i den korte perioden der hastigheten var på det høyeste. På en annen side skal det nevnes at deltakerne var langrennsløpere med gode ferdigheter på rulleski, og at de fleste evnet å tilpasse seg til rulleskimøllen etter svært kort tid.

I den foreliggende studien ble det gjennomført to tester på rulleski som ble brukt for å vurdere langrennsprestasjon. Testløp i rulleskiløype (TT) ble gjennomført som en felttest utendørs, mens utmattelsestesten (RAMP) på rulleskimølle ble gjennomført innendørs i laboratorium. At det ble gjennomført tester både innendørs og utendørs kan være en styrke for studien, og at deltakernes prestasjon i de to testene korrelerte såpass godt med hverandre både for de mannlige ( $r = -0,92$ ,  $p < 0,01$ ,  $SEE = 2,7\%$ ) og de kvinnelige ( $r = -0,77$ ,  $p < 0,01$ ,  $SEE = 11,8\%$ ) deltakerne hver for seg kan være med å styrke denne antakelsen. En prestasjonstest utformet som et testløp på rulleski utendørs kan by på både fordeler og ulemper. En naturlig ulempe er at ulike værforhold, i form av vind, temperatur og nedbør, kan påvirke testresultatene og gjøre testen mindre reliabel. Dette vil gi dårlige grunnlag for å finne sammenhenger med de fysiologiske variablene. I den foreliggende studien var rulleskiløypa godt skjermet for eventuell vind på grunn av beliggenheten, og temperaturen var relativt lik for alle deltakerne. For å kompensere for ulike føreforhold (vått/tørt) fikk de deltakerne som gjennomførte testen på vått føre et fratrekk i tiden på 4 %, på bakgrunn av gjennomførte rulletester på vått og tørt føre. Her vil det naturlig nok ligge en feilmargin. Man kan anta at flere rulletester i ulike deler av løype i ulike terrengetyper kunne gitt et enda bedre bilde av forskjellene på vått og tørt føre.

En fordel med å gjennomføre felttester utendørs, i dette tilfellet på rulleski i rulleskiløype, vil være at man får mer virkelighetsnære forhold. I og med at testen ble gjennomført som en intervallstart med 30 sekunders mellomrom, kunne dette også gi en viss likhet til konkurransesituasjon. Løypen var i tillegg variert med tanke på terrengetyper. Denne virkelighetsnære tilnærmingen ville vært umulig å skape ved bruk av laboratorietester alene.

## 4.9 Praktiske implikasjoner

I en kartleggingsstudie som denne kan man til en viss grad rangere variabelenes betydning for prestasjon, men det er vanskelig å si noe om årsaksforhold. Verdt å merke seg var at selv om flere enkeltvariabler korrelerte godt med prestasjon i TT hver for seg, ble det ikke vist bedre sammenheng når de ble satt sammen i prestasjonsformler. For best mulig prestasjonsfremgang kan man legge mest tid i forbedre de variablene som korrelerer best med prestasjon, og ut i fra våre tall lønner det seg først og fremst å ha høyt  $VO_{2max}$  og god overkroppsstyrke. Selv om arbeidsøkonomi viste en noe svakere korrelasjon med prestasjon i TT i den foreliggende studien enn  $VO_{2max}$  og 1RM nedtrekk, har tidligere studier konkludert med at arbeidsøkonomi er en viktig faktor for prestasjon i typiske aerobe utholdenhetsidretter (Bassett & Howley, 2000; di Prampero, 2003; Pate & Kriska, 1984).

På bakgrunn av resultatene i den foreliggende studien, kan vi anbefale trening som gunstig for å forbedre  $VO_{2maks}$ , maksimal styrke i overkropp og arbeidsøkonomi. Helgerud et al. (2007) har vist at høyintensiv intervalltrening med en intensitet tilsvarende 90-95 % av  $HF_{maks}$  hadde den beste effekten på  $VO_{2maks}$  sammenliknet med utholdenhetstrening med lavere intensitet. For å bedre overkroppsstyrke er det foreslått at maksimal styrketrening gir best effekt på denne variabelen (Campos et al., 2002; Raastad et al., 2010). Fysiologiske tilpasninger som følge av maksimal styrketrening har også vist seg å være gunstig for å bedre arbeidsøkonomien (Hoff et al., 2002; Hoff et al., 1999; Storen et al., 2008).

## 5 Konklusjon

I denne kartleggingsstudien på juniorlangrennsløpere ble det funnet best sammengeng mellom tidsprestasjon staking i en rullerløype over 5,6 km, og de fysiologiske variablene  $VO_{2max}$  og 1RM nedtrekk.

## 6 Litteratur

- Aagaard, P., & Andersen, J. L. (2010). Effects of strength training on endurance capacity in top-level endurance athletes.(Report). *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 20, 39.
- Alsobrook, N. G., & Heil, D. P. (2009). Upper body power as a determinant of classical cross-country ski performance. *Eur J Appl Physiol*, 105(4), 633-641. doi: 10.1007/s00421-008-0943-z
- Andersen, P., & Henriksson, J. (1977). Capillary supply of the quadriceps femoris muscle of man: adaptive response to exercise. *J Physiol*, 270(3), 677-690.
- Andersson, E., Supej, M., Sandbakk, O., Sperlich, B., Stoggl, 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. doi: 10.1007/s00421-010-1535-2
- Bahr, R., Hallén, J., & Medbø, J. I. (1991). *Testing av idrettsutøvere*. Oslo: Universitetsforlaget.
- 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.
- Behm, D. G., & Sale, D. G. (1993). Intended rather than actual movement velocity determines velocity-specific training response. *J Appl Physiol* (1985), 74(1), 359-368.
- Bentley, D. J., McNaughton, L. R., Thompson, D., Vleck, V. E., & Batterham, A. M. (2001). Peak power output, the lactate threshold, and time trial performance in cyclists. *Med Sci Sports Exerc*, 33(12), 2077-2081.
- Bergh, U. (1982). *Physiology of Cross Country Ski Racing: Human Kinetics*.
- Bergh, U. (1987). The influence of body mass in cross-country skiing. *Med Sci Sports Exerc*, 19(4), 324-331.
- Bilodeau, B., Roy, B., & Boulay, M. R. (1995). Upper-body testing of cross-country skiers. *Med Sci Sports Exerc*, 27(11), 1557-1562.
- Bolger, C. M., Kocbach, J., Hegge, A. M., & Sandbakk, O. (2015). Speed and heart-rate profiles in skating and classical cross-country skiing competitions. *Int J Sports Physiol Perform*, 10(7), 873-880. doi: 10.1123/ijsp.2014-0335
- Campos, G. E., Luecke, T. J., Wendeln, H. K., Toma, K., Hagerman, F. C., Murray, T. F., . . . Staron, R. S. (2002). Muscular adaptations in response to three different resistance-training regimens: specificity of repetition maximum training zones. *Eur J Appl Physiol*, 88(1-2), 50-60. doi: 10.1007/s00421-002-0681-6
- Carlsson, T., Carlsson, M., Hammarstrom, D., Malm, C., & Tonkonogi, M. (2013). Scaling of upper-body power output to predict time-trial roller skiing performance. *J Sports Sci*, 31(6), 582-588. doi: 10.1080/02640414.2012.744079
- Chamari, K., Moussa-Chamari, I., Boussaidi, L., Hachana, Y., Kaouech, F., & Wisloff, U. (2005). Appropriate interpretation of aerobic capacity: allometric scaling in adult and young soccer players. *Br J Sports Med*, 39(2), 97-101. doi: 10.1136/bjism.2003.010215
- Conley, D. L., & Krahenbuhl, G. S. (1980). Running economy and distance running performance of highly trained athletes. *Med Sci Sports Exerc*, 12(5), 357-360.

- Cormie, P., McGuigan, M., & Newton, R. (2011). Developing Maximal Neuromuscular Power (Vol. 41, s. 125-146). Auckland: Springer Science & Business Media.
- Costill, D. L., Daniels, J., Evans, W., Fink, W., Krahenbuhl, G., & Saltin, B. (1976). Skeletal muscle enzymes and fiber composition in male and female track athletes. *J Appl Physiol*, *40*(2), 149-154.
- Coyle, E. F., Sidossis, L. S., Horowitz, J. F., & Beltz, J. D. (1992). Cycling efficiency is related to the percentage of type I muscle fibers. *Med Sci Sports Exerc*, *24*(7), 782-788.
- Davies, C. T., & Thompson, M. W. (1979). Aerobic performance of female marathon and male ultramarathon athletes. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, *41*(4), 233-245.
- Davis, J. A. (1985). Anaerobic threshold: review of the concept and directions for future research. *Med Sci Sports Exerc*, *17*(1), 6-21.
- di Prampero, P. E. (2003). Factors limiting maximal performance in humans. *Eur J Appl Physiol*, *90*(3-4), 420-429. doi: 10.1007/s00421-003-0926-z
- Ekblom, B., & Hermansen, L. (1968). Cardiac output in athletes. *J Appl Physiol*, *25*(5), 619-625.
- Evertsen, F., Medbo, J. I., Jebens, E., & Gjoavaag, T. F. (1999). Effect of training on the activity of five muscle enzymes studied on elite cross-country skiers. *Acta Physiol Scand*, *167*(3), 247-257. doi: 10.1046/j.1365-201x.1999.00607.x
- Foster, C., & Lucia, A. (2007). Running economy : the forgotten factor in elite performance. *Sports Med*, *37*(4-5), 316-319.
- Gandevia, S. C. (2001). Spinal and supraspinal factors in human muscle fatigue. *Physiol Rev*, *81*(4), 1725-1789.
- Gastin, P. B. (2001). Energy system interaction and relative contribution during maximal exercise. *Sports Med*, *31*(10), 725-741.
- Gollnick, P. D., Armstrong, R. B., Saubert, C. W. t., Piehl, K., & Saltin, B. (1972). Enzyme activity and fiber composition in skeletal muscle of untrained and trained men. *J Appl Physiol*, *33*(3), 312-319.
- Gotaas, T. (2010). *Først i løypa : historien om langrenn i Norge* ([Rev. utg.]. utg.). Oslo: Dreyer.
- Hakkinen, K., Alen, M., & Komi, P. V. (1985). Changes in isometric force- and relaxation-time, electromyographic and muscle fibre characteristics of human skeletal muscle during strength training and detraining. *Acta Physiol Scand*, *125*(4), 573-585. doi: 10.1111/j.1748-1716.1985.tb07760.x
- Helgerud, J., Engen, L. C., Wisloff, U., & Hoff, J. (2001). Aerobic endurance training improves soccer performance. *Med Sci Sports Exerc*, *33*(11), 1925-1931.
- Helgerud, J., Hoydal, K., Wang, E., Karlsen, T., Berg, P., Bjerkaas, M., . . . Hoff, J. (2007). Aerobic high-intensity intervals improve VO2max more than moderate training. *Med Sci Sports Exerc*, *39*(4), 665-671. doi: 10.1249/mss.0b013e3180304570
- Helgerud, J., Storen, O., & Hoff, J. (2010). Are there differences in running economy at different velocities for well-trained distance runners? *Eur J Appl Physiol*, *108*(6), 1099-1105. doi: 10.1007/s00421-009-1218-z
- Hoff, J., Gran, A., & Helgerud, J. (2002). Maximal strength training improves aerobic endurance performance. *Scand J Med Sci Sports*, *12*(5), 288-295.
- Hoff, J., Helgerud, J., & Wisloff, U. (1999). Maximal strength training improves work economy in trained female cross-country skiers. *Med Sci Sports Exerc*, *31*(6), 870-877.

- Holloszy, J. O., & Coyle, E. F. (1984). Adaptations of skeletal muscle to endurance exercise and their metabolic consequences. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol*, *56*(4), 831-838.
- Holmberg, H. C., Lindinger, S., Stoggl, T., Eitzlmair, E., & Muller, E. (2005). Biomechanical analysis of double poling in elite cross-country skiers. *Med Sci Sports Exerc*, *37*(5), 807-818.
- Holmberg, H. C., Rosdahl, H., & Svedenhag, J. (2007). Lung function, arterial saturation and oxygen uptake in elite cross country skiers: influence of exercise mode. *Scand J Med Sci Sports*, *17*(4), 437-444. doi: 10.1111/j.1600-0838.2006.00592.x
- Ingjer, F. (1991). Maximal oxygen uptake as a predictor of performance ability in women and men elite cross-country skiers. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, *1*(1), 25-30.
- Joyner, M. J., & Coyle, E. F. (2008). Endurance exercise performance: the physiology of champions. *J Physiol*, *586*(1), 35-44. doi: 10.1113/jphysiol.2007.143834
- Kraemer, W. J., & Ratamess, N. A. (2004). Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription. *Med Sci Sports Exerc*, *36*(4), 674-688.
- Larsen, H. B., & Sheel, A. W. (2015). The Kenyan runners. *Scand J Med Sci Sports*, *25 Suppl 4*, 110-118. doi: 10.1111/sms.12573
- Larsson, P., Olofsson, P., Jakobsson, E., Burlin, L., & Henriksson-Larsen, K. (2002). Physiological predictors of performance in cross-country skiing from treadmill tests in male and female subjects. *Scand J Med Sci Sports*, *12*(6), 347-353.
- Losnegard, T. (2013). Physiological determinants of performance in modern elite cross-country skiing.
- Losnegard, T., Mikkelsen, K., Ronnestad, B. R., Hallen, J., Rud, B., & Raastad, T. (2011). The effect of heavy strength training on muscle mass and physical performance in elite cross country skiers. *Scand J Med Sci Sports*, *21*(3), 389-401. doi: 10.1111/j.1600-0838.2009.01074.x
- Losnegard, T., Myklebust, H., & Hallen, J. (2012). Anaerobic capacity as a determinant of performance in sprint skiing. *Med Sci Sports Exerc*, *44*(4), 673-681. doi: 10.1249/MSS.0b013e3182388684
- Mahood, N. V., Kenefick, R. W., Kertzer, R., & Quinn, T. J. (2001). Physiological determinants of cross-country ski racing performance. *Med Sci Sports Exerc*, *33*(8), 1379-1384.
- McArdle, W. D., Katch, V. L., & Katch, F. I. (2010). *Exercise physiology : nutrition, energy, and human performance* (7th ed. utg.). Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
- Medbo, J. I., & Tabata, I. (1989). Relative importance of aerobic and anaerobic energy release during short-lasting exhausting bicycle exercise. *J Appl Physiol* (1985), *67*(5), 1881-1886.
- Morgan, D. W., Martin, P. E., & Krahenbuhl, G. S. (1989). Factors affecting running economy. *Sports Med*, *7*(5), 310-330.
- Mygind, E., Andersen, L. B., & Rasmussen, B. (1994). Blood lactate and respiratory variables in elite cross-country skiing at racing speeds. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, *4*(4), 243-251. doi: 10.1111/j.1600-0838.1994.tb00435.x
- Mygind, E., Larsson, B., & Klausen, T. (1991). Evaluation of a specific test in cross-country skiing. *J Sports Sci*, *9*(3), 249-257. doi: 10.1080/02640419108729887

- Ni Cheilleachair, N. J., Harrison, A. J., & Warrington, G. D. (2017). HIIT enhances endurance performance and aerobic characteristics more than high-volume training in trained rowers. *J Sports Sci*, 35(11), 1052-1058. doi: 10.1080/02640414.2016.1209539
- Niinimaa, V., Dyon, M., & Shephard, R. J. (1978). Performance and efficiency of intercollegiate cross-country skiers. *Med Sci Sports*, 10(2), 91-93.
- Osteras, H., Helgerud, J., & Hoff, J. (2002). Maximal strength-training effects on force-velocity and force-power relationships explain increases in aerobic performance in humans. *Eur J Appl Physiol*, 88(3), 255-263. doi: 10.1007/s00421-002-0717-y
- Osteras, S., Welde, B., Danielsen, J., van den Tillaar, R., Ettema, G., & Sandbakk, O. (2016). Contribution of Upper-Body Strength, Body Composition, and Maximal Oxygen Uptake to Predict Double Poling Power and Overall Performance in Female Cross-Country Skiers. *J Strength Cond Res*, 30(9), 2557-2564. doi: 10.1519/jsc.0000000000001345
- Paavolainen, L., Nummela, A., & Rusko, H. (2000). Muscle power factors and VO<sub>2</sub>max as determinants of horizontal and uphill running performance. *Scand J Med Sci Sports*, 10(5), 286-291.
- Pate, R. R., & Kriska, A. (1984). Physiological basis of the sex difference in cardiorespiratory endurance. *Sports Med*, 1(2), 87-98.
- Raastad, T., Paulsen, G., Refsnes, P. E., Rønnestad, B. R., & Wisnes, A. R. (2010). *Styrketrening : i teori og praksis*. Oslo: Gyldendal undervisning.
- Rundell, K. W. (1995). Treadmill roller ski test predicts biathlon roller ski race results of elite U.S. biathlon women. *Med Sci Sports Exerc*, 27(12), 1677-1685.
- Rundell, K. W., & Bacharach, D. W. (1995). Physiological characteristics and performance of top U.S. biathletes. *Med Sci Sports Exerc*, 27(9), 1302-1310.
- Rundell, K. W., Bacharach, D. W., Arcilesi, J. A., Pripstein, L. P., & Szmedra, L. (1994). 369 PREDICTORS OF PERFORMANCE ABILITY IN ELITE FEMALE AND MALE BIATHLON SKIERS. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 26(5), S66.
- Rusko, H. (2008). *Handbook of Sports Medicine and Science, Cross Country Skiing*. Hoboken: Wiley.
- Rusko, H., Rusko, H., Sciences, I. O. C. M. C. S.-C. o. P. i. t. S., & International Ski, F. (2008). *Handbook of Sports Medicine and Science, Cross Country Skiing*. Hoboken: Wiley.
- Sale, D. G. (1987). Influence of exercise and training on motor unit activation. *Exerc Sport Sci Rev*, 15, 95-151.
- Saltin, B. (1985). Malleability of the system in overcoming limitations: functional elements. *J Exp Biol*, 115, 345-354.
- Saltin, B., & Astrand, P. O. (1967). Maximal oxygen uptake in athletes. *J Appl Physiol*, 23(3), 353-358.
- Saltin, B., Larsen, H., Terrados, N., Bangsbo, J., Bak, T., Kim, C. K., . . . Rolf, C. J. (1995). Aerobic exercise capacity at sea level and at altitude in Kenyan boys, junior and senior runners compared with Scandinavian runners. *Scand J Med Sci Sports*, 5(4), 209-221.
- Sand, O., Sjaastad, Ø. V., Haug, E., & Toverud, K. C. (2014). *Menneskets fysiologi* (2. utg. utg.). Oslo: Gyldendal akademisk.
- Sandbakk, O., & Holmberg, H. C. (2017). Physiological Capacity and Training Routines of Elite Cross-Country Skiers: Approaching the Upper Limits of Human Endurance. *Int J Sports Physiol Perform*, 1-26. doi: 10.1123/ijsp.2016-0749



- Sandbakk, Ø., & Holmberg, H.-C. (2014). A reappraisal of success factors for Olympic cross-country skiing. *International journal of sports physiology and performance*, 9(1), 117. doi: 10.1123/ijsp.2013-0373
- Sandbakk, Ø., & Tønnessen, E. (2012). *Den norske langrennsboka*. Oslo: Aschehoug.
- Scrimgeour, A. G., Noakes, T. D., Adams, B., & Myburgh, K. (1986). The influence of weekly training distance on fractional utilization of maximum aerobic capacity in marathon and ultramarathon runners. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 55(2), 202-209.
- Shoemaker, J. K., Hodge, L., & Hughson, R. L. (1994). Cardiorespiratory kinetics and femoral artery blood velocity during dynamic knee extension exercise. *J Appl Physiol* (1985), 77(6), 2625-2632.
- Sjodin, B., & Svedenhag, J. (1985). Applied physiology of marathon running. *Sports Med*, 2(2), 83-99.
- Spurway, N. C., Ekblom, B., Noakes, T. D., & Wagner, P. D. (2012). What limits  $\dot{V}O_2$  (2max)? A symposium held at the BASES Conference, 6 September 2010. *J Sports Sci*, 30(6), 517-531. doi: 10.1080/02640414.2011.642809
- Stoa, E. M., Storen, O., Enoksen, E., & Ingjer, F. (2010). Percent utilization of  $\dot{V}O_2$  max at 5-km competition velocity does not determine time performance at 5 km among elite distance runners. *J Strength Cond Res*, 24(5), 1340-1345. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181cc5f7b
- Stoggl, T., Lindinger, S., & Muller, E. (2007). Analysis of a simulated sprint competition in classical cross country skiing. *Scand J Med Sci Sports*, 17(4), 362-372. doi: 10.1111/j.1600-0838.2006.00589.x
- Storen, O., Helgerud, J., Stoa, E. M., & Hoff, J. (2008). Maximal strength training improves running economy in distance runners. *Med Sci Sports Exerc*, 40(6), 1087-1092. doi: 10.1249/MSS.0b013e318168da2f
- Storen, O., Ronnestad, B. R., Sunde, A., Hansen, J., Ellefsen, S., & Helgerud, J. (2014). A time-saving method to assess power output at lactate threshold in well-trained and elite cyclists. *J Strength Cond Res*, 28(3), 622-629. doi: 10.1519/JSC.0b013e3182a73e70
- Storen, O., Ulevag, K., Larsen, M. H., Stoa, E. M., & Helgerud, J. (2013). Physiological determinants of the cycling time trial. *J Strength Cond Res*, 27(9), 2366-2373. doi: 10.1519/JSC.0b013e31827f5427
- Stromme, S. B., Ingjer, F., & Meen, H. D. (1977). Assessment of maximal aerobic power in specifically trained athletes. *Journal of Applied Physiology*, 42(6), 833-837.
- Stöggl, T., Lindinger, S., & Müller, E. (2006). Reliability and validity of test concepts for the cross-country skiing sprint. *Medicine and science in sports and exercise*, 38(3), 586.
- Støren, Ø., & Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet Det medisinske, f. (2009). *Running and cycling economy in athletes; determining factors, training interventions and testing*. 413, Norwegian University of Science and Technology, Faculty of Medicine, Department of Circulation and Medical Imaging, Trondheim.
- Sunde, A., Storen, O., Bjerkaas, M., Larsen, M. H., Hoff, J., & Helgerud, J. (2010). Maximal strength training improves cycling economy in competitive cyclists. *J Strength Cond Res*, 24(8), 2157-2165. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181aeb16a
- Tønnessen, E., Haugen, T. A., Hem, E., Leirstein, S., & Seiler, S. (2015). Maximal aerobic capacity in the winter-Olympics endurance disciplines: Olympic-medal

- benchmarks for the time period 1990-2013. *Int J Sports Physiol Perform*, 10(7), 835-839. doi: 10.1123/ijsp.2014-0431
- Van Cutsem, M., Duchateau, J., & Hainaut, K. (1998). Changes in single motor unit behaviour contribute to the increase in contraction speed after dynamic training in humans. *J Physiol*, 513 ( Pt 1), 295-305.
- Wagner, P. D. (2000). New ideas on limitations to VO<sub>2</sub>max. *Exerc Sport Sci Rev*, 28(1), 10-14.
- Østerås, S., Welde, B., Danielsen, J., van den Tillaar, R., Ettema, G., & Sandbakk, Ø. (2016). Contribution of Upper-Body Strength, Body Composition, and Maximal Oxygen Uptake to Predict Double Poling Power and Overall Performance in Female Cross-Country Skiers. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 30(9), 2557-2564. doi: 10.1519/jsc.0000000000001345
- Åstrand, P.-O., & Rodahl, K. (2003). *Textbook of work physiology : physiological bases of exercise* (4th ed. utg.). Champaign, Ill: Human Kinetics.

## Vedlegg 1

**Etter  $VO_{2\max}$  testen i dag må du få i deg lett næring og drikke (eksempelvis banan, yoghurt, bolle og vann, saft eller sportsdrikk – ikke melk) så fort som mulig etter testen.**

**Noter ned hva du spiser/drikker og spis/drikk det samme ved posttest om ca 10 uker.**

## Vedlegg 2



### **Invitasjon og samtykkeskjema for deltakelse i forskningsprosjekt i langrenn;**

### **Langrenns spesifik- og generell styrketrening; betydning for teknikk, arbeidsøkonomi, laktatterskel og tidsprestasjon i langrennsstaking**

I denne studien ønsker vi å se på om langrennsspesifikke styrkeøvelser og maksimal styrketrening har betydning for arbeidsøkonomi og prestasjon i langrennsstaking. All testing vil foregå ved idrettsfysiologisk testlaboratorium på Høgskolen i Sørøst-Norge og i en rulleskiløype i Bø. En del av treningsøktene vil foregå under veiledning av en av prosjektmedarbeiderne og kan gjennomføres der du selv bor. Kontaktpersoner med tanke på trening og testing er Arnstein Sunde ([arnstein.sunde@hit.no](mailto:arnstein.sunde@hit.no)), Øyvind Støren ([oyvind.storen@hit.no](mailto:oyvind.storen@hit.no)) og Morten Bråten ([Morten.Braaten@olympiatoppen.no](mailto:Morten.Braaten@olympiatoppen.no)).

#### **Forsøksprotokoll**

Du vil bli plassert i en av følgende tre grupper; langrenns spesifik styrketreningsgruppe, generell styrketreningsgruppe eller kontrollgruppe. Alle gruppene vil gjennomgå ulike tester før og etter en 10 ukers treningsperiode. Kontrollgruppen skal bare trene som normalt denne perioden, uten ekstra styrketrening.

#### **Testprotokoll**

Du blir testet på to påfølgende dager både før og etter treningsperioden. Følgende tester vil bli gjennomført:

##### Dag 1:

- maksimalt oksygenopptak ( $VO_{2max}$ ) løping,
- prestasjonstest i staking i rulleskiløype

##### Dag 2:

- arbeidsøkonomi, laktatterskel,  $VO_{2max}$  i staking og teknikkanalyser ved hjelp av video, akselerometre og kraftmålere i staking på rulleskimølle
- styrketester i beinpress og nedtrekk.

Arbeidsøkonomi dag 2 vil bli testet på 70% av  $VO_{2max}$ , og beregnet på samme måte som i Støren et al (2008) og Sunde et al (2009).

$VO_{2max}$  og prestasjonstestene krever maksimal innsats og du må påregne å bli sliten.  $VO_{2max}$  testen i løping vil vare i 4-8 minutter og prestasjonstestene i 15 – 30 minutter.

De maksimale styrketestene (beinpress og nedtrekk) krever også maksimal innsats, men over vesentlig kortere tid.

De to testdagene gjennomføres altså både før – og etter en 10 ukers treningsperiode.

### **Treningsprotokoll**

Du blir altså plassert i en av følgende gruppe:

Gruppe 1: kontrollgruppe: trener som normalt men gjennomfører alle testene

Gruppe 2: Langrenns spesifikk styrketreningsgruppe. Gjennomfører stakespesifikke styrkeøvelser (3 x 10-12 RM) tre ganger i uken som et supplement til normal trening.

Gruppe 3: Generell styrketreningsgruppe. Gjennomfører maksimal styrketrening (3 x 2-5 RM) i generelle basisøvelser tre ganger i uken som et supplement til normal trening.

Mange av øktene vil være under ledelse av instruktør, noen økter kan du gjennomføre alene. Du må registrere all trening i Olympiatoppens treningsdagbok. For å bli tatt med i statistisk materiale kreves at du har gjennomført minimum 80 % av de 30 ekstra treningsøktene (dvs minst 24 økter – aller helst alle 30). Ved sykdom eller skade som fører til treningsfravær i mer enn 1 uke, blir du tatt ut av forsøket.

### **Inklusjonskriterier**

Du må ha langrenn som primæridrett, og ha deltatt i norgescup, skandinavisk cup eller NM foregående sesong:

- Være mellom 16 og 30 år
- Være i kontinuerlig trening og på tilsvarende nivå som kriteriene viser til.
- Ha utfyllt og godkjent vedlagte egenerklæringsskjema for helse.
- Ha skriftlig samtykke fra foresatte (dersom under 18 år).

### **Eksklusjonskriterier**

Du må:

- Ikke ha vært skadet i mer enn 8 uker de siste 4 månedene før teststart.
- Ikke ha vært syk i mer enn 2 uker sammenhengende den siste måneden før teststart.
- Ikke ha vært syk den siste uken før teststart.

### **Forberedelser før testing**

For at testresultatene skal være så pålitelige som mulig, er det viktig at du er uthvilt før teststart. Dette innebærer at du ikke har trent hardt de siste 24 timene, og ellers er frisk. For øvrig skal det ikke spises eller inntas kaffe de siste to timene før testing. Alle forsøkspersoner må fylle ut egenerklæringsskjema for helse første testdag. Disse skjemaene vil bli behandlet og oppbevart konfidensielt.

### **Frivillighet**

Det understrekes at all deltagelse i forsøket er frivillig, og at man på hvilket som helst tidspunkt har rett til å trekke seg fra forsøket uten å begrunne hvorfor.

### **Aidentifisering**

Du vil være anonym som forsøksperson, dvs figurere i alt skriftlig materiale som et nummer. Alle data vil bli slettet etter at prosjektet er avslutta. Dette gjelder også nøkkelen for deltakernes navn og nummer.

For å delta i prosjektet, må du skrive under på dette samtykkeskjema. Alle forsøkspersoner har imidlertid rett til å tilbakekalle samtykket, de kan kreve analyser destruert og innsamlede helse- og personopplysninger slettet eller utlevert. Adgangen til å tilbakekalle samtykket eller kreve destruksjon, sletting eller utlevering gjelder ikke dersom opplysningene allerede har inngått i vitenskapelige arbeider.

Det blir ikke gitt noen form for kompensasjon eller belønning for å delta i forsøket, utover tilgang på et utvalg av egne testresultater.

Jeg har lest og forstått overforstående informasjon og samtykker til deltakelse i prosjektet:

Sted/Dato/Navn.....  
.....

Foresatte (viss under 18 år):.....

## Vedlegg 3



### Egenerklæringskjema om helse

Etternavn:	Fornavn:	Født:
Høyde:	Vekt:	Lag / forening / studie:
Telefon:	Telefon kontaktperson:	

Siden det er første gang du testes ved idrettsfysiologisk testlaboratorium, ber vi deg lese nøye igjennom alle spørsmålene på denne listen. Kryss av enten JA eller NEI for hvert spørsmål. Dette er viktig i forhold til hvordan vi gjennomfører testingen av deg.

	JA	NEI	
1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Kjenner du til at du har en hjertesykdom?
2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Hender det at du får brystmerter i hvile eller i forbindelse med fysisk aktivitet?
3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Kjenner du til at du har høyt blodtrykk?
4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Bruker du for tiden medisiner for høyt blodtrykk eller hjertesykdom (f.eks vanndrivende tabletter?)
5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Røyker du?
6	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Bruker du snus?
6	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Kjenner du til om du har høyt kolesterolnivå i blodet?
7	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Har du besvimt siste 6 måneder i forbindelse med fysisk aktivitet?
8	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Hender det at du mister balansen på grunn av svimmelhet?
9	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Har du sukkersyke?
10	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Er du fysisk inaktiv og har et stillesittende arbeid?
11	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Bruker medisiner fast – mot:
12	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Har du eller har du hatt en luftveisinfeksjon i løpet av siste uke?

Jeg / vi har også lest i gjennom forberedelseskjema for testen, og er inneforstått med hvordan testen foregår.

.....  
Dato

.....  
Underskrift

.....  
Dato

.....  
Underskrift av foresatt dersom testpersonen er under 18 år