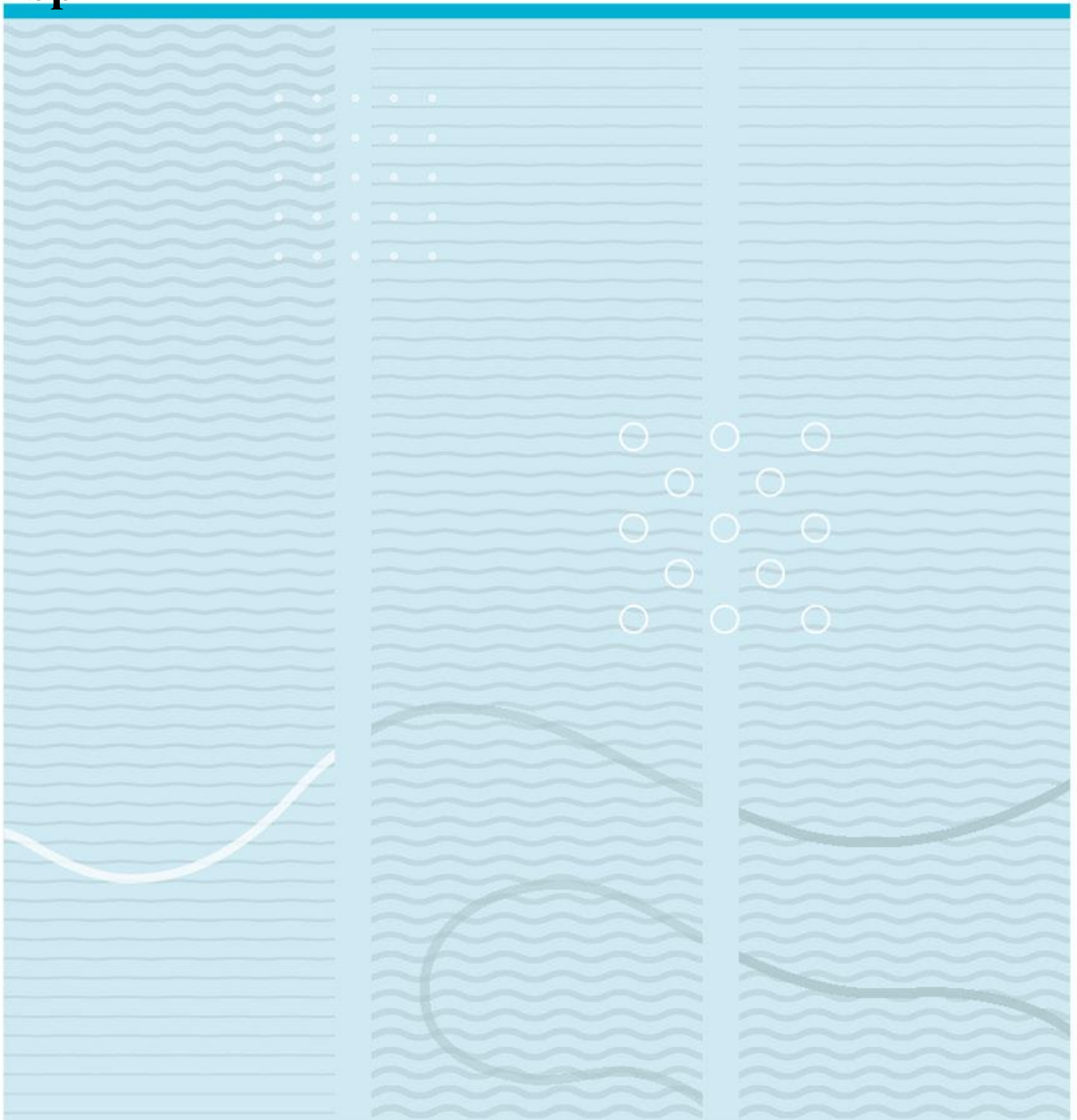


Ole Morten Herlø Thomesen

Maksimal anaerob og maksimal aerob hastighet som bestemmende faktorer for tidsprestasjon i 800-meter løp



Universitetet i Sørøst-Norge
Fakultet for humaniora, idretts- og utdanningsvitenskap (HiU)
Institutt for idrett- og friluftsfag
Postboks 235
3603 Kongsberg

<http://www.usn.no>

© 2020 Ole Morten Herlø Thomesen

Denne avhandlingen representerer 60 studiepoeng

Forord

Først og fremst vil jeg takke for muligheten til å ta del i et større forskningsprosjekt, som forhåpentligvis kan bidra til å legge grunnlaget for utvikling i treningsarbeidet i 800-meter løp. Det har vært en veldig lærerik og interessant prosess, og jeg vil definitivt savne å kunne dra på «labben» for å teste deltakere.

Å utføre testing og å skrive en masteroppgave er tidkrevende og, til tider, slitsomt arbeid. Videre vil jeg takke familie, venner, kollegaer og bekjente som har slått seg ned ved bordet mitt, gitt meg sårt tiltrengte pauser, og vært villig til å høre på meg legge ut om fysiologiteori, testprotokoller og resultater. Dere vet hvem dere er. Takk også til deltakerne som har slitt seg ut i flere krevende tester.

Til slutt vil jeg rette en spesiell takk til hovedveileder Øyvind Støren og veileder Eva Maria Støa for uvurderlig hjelp og støtte underveis i hele prosessen!

Bø i Telemark, 20.11.2020

Ole Morten Herlø Thomesen

Sammendrag

Formål: Formålet med denne masteroppgaven var å se på betydningen av maksimal aerob hastighet (MAS) og maksimal anaerob hastighet (MANS) for prestasjon på 800-meter, og om ulik tidsprestasjon 800-meter løp gav ulik betydning for MAS og MANS.

Metode: 13 personer (11 menn og 2 kvinner) deltok i denne kvantitative kartleggingsstudien. Deltakerne undergikk tester i 800-meter, 100-meter, maksimalt oksygenopptak (VO_{2max}) og oksygenkostnad i løping (C_r). 100-metertesten ble brukt som et mål på MANS, mens VO_{2max} og C_r ble brukt for å regne ut MAS. Senere ble 69 løpere sine 100-meter- og 800-metertider i konkurranse fra 2019 hentet fra Norges Friidrettsforbund (NFIF) sine resultatlister.

Resultater: Hos de 13 deltakerne var det sammenheng mellom både MAS og MANS og 800-meterprestasjonen, med henholdsvis $r = -0.74$ og $r = -0.77$ ($p < 0.01$). Med en sum av r^2 -verdiene fra MAS og MANS på 1.15, men med en lav VIF (1.26), synes det som om en kombinasjon av MAS og MANS kan forklare det meste av prestasjon på 800-meter. Hos de 69 NFIF-løperne hadde 100-metertid signifikant ($p < 0.01$) sammenheng med prestasjon på 800-meter. Når disse ble delt opp etter nivå, hadde bedre 100-metertid signifikant ($p < 0.01$) sammenheng med 800-metertid for løperne på det laveste nivået (nivå 3: tid > 130 sekunder). Imidlertid ble det også funnet at den relative betydningen av MAS økte med lengre løpstid hos de 13 deltakerne som testet både MAS og MANS. Gjennomsnittlig hadde de 13 deltakerne og de 69 løperne tilnærmet lik estimert prosentandel MANS (%MANS), med henholdsvis $74.4 \% \pm 6.5$ og $77.2 \% \pm 6.3$.

Konklusjon: MAS og MANS ser til sammen ut til å kunne forklare hele tidsprestasjonen på 800-meter løp. MAS viser seg å ha størst relativ betydning for tidsprestasjonen hos løperne som bruker lengst tid, mens MANS har relativt større betydning hos de som løper raskest. Til tross for dette er det kun de som bruker lengst tid på 800-meter som har en signifikant korrelasjon mellom MANS og tidsprestasjon på 800-meter. Dette kan skyldes at de raskeste i gjennomsnitt løper 800-meter på en prosentvis høyere MANS.

Begrepsforklaring

%MANS: Estimert prosentandel ved maksimal anaerob hastighet

ASR: «Anaerobic speed reserve», anaerob sprintreserve

ATP: Adenosintrifosfat

C_r : «Cost of running», arbeidsøkonomi i løping

CrP: Kreatinfosfat

Hf: Hjerterefrekvens

Hf_{max} : Maksimal hjerterefrekvens

LT: Laktatterskel

MAS: «maximal aerobic speed», maksimal aerob hastighet

MANS: «maximal anaerobic speed», maksimal anaerob hastighet

NFIF: Norges Friidrettsforbund

O₂: Oksygen

USN: Universitetet i Sørøst-Norge

VIF: «Variance inflation factor»

VO_{2max}: Maksimalt oksygenopptak/-forbruk

Innholdsfortegnelse

Forord	2
Sammendrag	3
Begrepsforklaring	4
1 Innledning	7
2 Teori	8
2.1 Hva bestemmer 800-meterprestasjon?	8
2.2 Faktorer som bestemmer 800-meterprestasjon.....	8
2.3 Forholdet mellom aerob og anaerob energiomsetning under kortere distanser	9
2.4 Maksimal aerob hastighet (MAS)	9
2.5 VO_{2max}	9
2.6 Begrensende faktorer for VO_{2max}	10
<i>Supply</i>	10
<i>Demand</i>	11
2.7 Arbeidsøkonomi i løping (C_r).....	11
2.8 Laktatterskel og utnyttingsgrad	12
2.9 Maksimal anaerob hastighet (MANS).....	12
2.10 Begrensende fysiologiske faktorer for MANS	13
2.11 Anaerob kapasitet	13
2.12 Anaerob sprintreserve (ASR)	14
2.13 Anaerobe energiomsetningssystemer	14
<i>ATP-CrP-systemet</i>	14
<i>Glykolysen</i>	14
2.14 Kjønnforskjeller ved anaerob kraftutvikling.....	15
3 Metode	17
3.1 Utvalg	17
3.2 Fysiske karakteristika av forsøkspersoner testet ved USN og karakteristika av NFIF-løpere	18

3.3 Testing av forsøkspersoner ved USN	18
<i>Testing av VO_{2max} og arbeidsøkonomi (C_r)</i>	19
<i>Avvik under testing av VO_{2max} og arbeidsøkonomi (C_r)</i>	19
<i>Testing av 100-meter og 800-meter ved USN</i>	19
<i>Utstyr brukt under testing</i>	20
3.4 Formler brukt til utregning	20
3.5 Statistikk.....	20
4 Resultater	22
5 Diskusjon	29
5.1 Betydning av MAS, MANS og ASR	30
5.2 Anaerob utholdenhet	30
5.3 Potensielt overlappende faktorer mellom MAS og MANS.....	31
5.4 Metodiske betraktninger.....	31
5.5 Praktiske implikasjoner	33
6 Konklusjon	34
Referanser	35
Vedlegg 1	42
Vedlegg 2	44

1 Innledning

800-meter løping er en unik distanse med unike utfordringer som stilles til løperne som skal prestere godt. Da løp på denne distansen oftest varer mellom 100 og 180 sekunder, avhengig av hvilket nivå man er på, stilles det høye krav til både de aerobe og anaerobe energiomsetningssystemene (Medbø & Tabata, 1989). Gastin (2001) viser at maksimal ytelse i rundt 100 sekunder betyr rundt 60 % bidrag fra aerob energiomsetning, sammenlignet med 75 % når ytelsen varer i rundt 180 sekunder. Dette passer godt inn med Medbø & Tabata (1989) sine tall, som viser 65 % aerobt bidrag ved 120 sekunders maksimal ytelse. Duffield, et al. (2005) kom fram til 60 % aerobt bidrag for menn og 70 % aerobt bidrag for kvinner i 800-meterløp, der varigheten var henholdsvis ca. 120 og 140 sekunder.

At det aerobe bidraget går ned, og dermed det anaerobe bidraget går opp, ved kortere tidsbruk, viser hvordan kravene som stilles til den enkelte løper avhenger av nivå. Alle løpere vil tjene på å forbedre både maksimal aerob hastighet (MAS) og maksimal anaerob hastighet (MANS). Det kan tenkes at en løper med svak 800-metertid, og høyt aerobt bidrag, vil nyte godt av å øke sin MAS. MAS kan regnes ut ved maksimalt oksygenopptak (VO_{2max}) / arbeidskostnad i løping (C_T) (Helgerud, et al., 2010). Løpere med god 800-metertid, derimot, kan tillate seg et prosentvis høyere anaerobt bidrag siden de bruker kortere tid. Dermed vil det kunne tenkes at disse vil dra mer nytte av å forbedre sin MANS, forutsatt opprettholdelse av den allerede høye MAS. MANS er i denne sammenhengen, for praktiske forhold, sett på som gjennomsnittshastighet på 100-meter sprint, selv om dette blir en hastighet litt under toppfart grunnet akselerasjons- og retardasjonsfaser (Haugen, et al., 2019). De fleste studier som har sett på sammenhengen mellom prestasjon i 800-meter løp og andre løpsdistanser eller fysiologiske variabler har fokusert på VO_{2max} , hastighet ved laktatterskel (LT), eller tidsprestasjon på 400-meter eller 1500-meter (Thompson, 2017; Ingham, et al., 2008; Brandon, 1995). Imidlertid gav et grundig søk i databasen «PubMed» ingen treff på en eventuell sammenheng mellom 800-meter og tidsprestasjon på 100-meter.

På bakgrunn av dette er problemstillingen i denne masteroppgaven:

«Betydningen av maksimal aerob hastighet og maksimal anaerob hastighet for 800-meterprestasjon».

2 Teori

2.1 Hva bestemmer 800-meterprestasjon?

Mellomdistansene 800-meter og 1500-meter løping er unike distanser i moderne friidrett når det gjelder hvilke krav som stilles til utøverne (Thompson, 2017; Brandon, 1995). I motsetning til kortere distanser som 100-meter og 200-meter og lengre distanser som 5 000-meter og 10 000-meter, krever 800-meter på høyt nivå både høy sprinthatighet (ned mot 11 sekunder på 100-meter for menn) og høy aerob kapasitet (Sandford, et al., 2019). I dag står verdensrekorden til Dave Rudisha på 800-meter for menn på 1.40.91 (IAAF, hentet 23. september 2020), og verdensrekorden til Jamila Kratochvílova på 800-meter for kvinner på 1.53.28 (IAAF, hentet 23. september 2020). I følge Medbø & Tabata (1989) vil disse tidene være godt innenfor området hvor det aerobe bidraget vil være mellom 50 og 65 %. Ergo stilles det høye krav til både maksimal aerob hastighet og maksimal anaerob hastighet hos 800-meterløpere (Duffield, et al., 2005; Thompson, 2017).

2.2 Faktorer som bestemmer 800-meterprestasjon

Det finnes flere forskjellige faktorer som bestemmer prestasjon på 800-meter. Disse er ikke bare fysiologiske, men også psykologiske, antropometriske, og biomekaniske. De psykologiske faktorene inkluderer visualisering av utførelse, snakking med seg selv, målsetting, motstand mot mental fatigue, verbal oppmuntring, og direkte konkurranse med andre utøvere (McCormick, et al., 2015).

Antropometriske faktorer har også vist å ha en innvirkning på 800-meterprestasjon hos unge menn (Sánchez-Muñoz, et al., 2020). Sammenlignet med langdistanseløpere er mellomdistanseløpere både høyere, tyngre, og har større muskeltverrsnitt (Sánchez-Muñoz, et al., 2020).

Biomekaniske forhold inkluderer løpsteknikk, både ved maksimal og submaksimal hastighet, noe som påvirker både evne til maksimal løpshurtighet og arbeidsøkonomi i løping (Thompson, 2017).

Av fysiologiske faktorer kan Pate & Kriska (1984) og di Prampero, et al. (1993) sine formler for utholdenhetsprestasjon tjene som en forklaringsmodell også for prestasjon på 800-meter. Forenklet sett går disse formlene ut på at prestasjon = (aerob kapasitet + anaerob kapasitet) / energikostnad. Evnen til volum og hastighet på energiomsetning, og dermed ATP-produksjon, er altså sentralt i dette bildet.

Både evne til høy aerob og anaerob energiomsetning er altså med på å bestemme 800-meterprestasjon (Brandon, 1995). Det betyr ikke at det er en fasit på hvordan den fysiologiske profilen til en 800-meterløper ser ut; 800-meterløpere kan ha stor variasjon på hvordan fordelingen av bruken av aerobe og anaerobe energiomsetningssystemer ser ut, og fortsatt prestere godt (Brandon, 1995). Maksimalt oksygenopptak (VO_{2max}), laktatterskel, hastighet ved VO_{2max} , hastighet ved laktatterskel, og hastighet ved ventilasjonsterskel er tidligere trukket fram som sentrale faktorer for 800-meterprestasjon (Thompson, 2017).

2.3 Forholdet mellom aerob og anaerob energiomsetning under kortere distanser

I tråd med konvensjonell forståelse av forholdet mellom aerob og anaerob energiomsetning, viser Gastin (2001) hvordan den relative andelen aerob energiomsetning øker og andelen anaerob energiomsetning går ned når tiden med intens aktivitet går opp. Medbø & Tabata (1989) har vist hvordan det aerobe bidraget under aktivitet øker eksponensielt med økt tidsbruk under intens aktivitet: fra 40 % i 30 sek, til 50 % i 60 sek, og 65 % i 120 sek, for så å flate mer og mer ut jo lenger etter 120 sekunder det intensive arbeidet varer. Dette står i noe kontrast til McArdle, et al. (2015, s. 233), hvor forholdet mellom det aerobe og anaerobe blir vist å være ca. 50/50 ved 90 sekunders intens aktivitet. Da 800-meter løping er en idrett hvor tidsbruken kan ligge fra 100 til 180 sekunder, er det, uansett, signifikante bidrag fra både aerobe og anaerobe energiomsetningssystemer (Gastin, 2001; Duffield et al., 2005). Dette vil si at en 800-meterløper vil ha godt av å kunne øke både maksimal aerob løpshastighet og maksimal anaerob løpshastighet for å forbedre prestasjon (Brandon, 1995).

2.4 Maksimal aerob hastighet (MAS)

Maksimal aerob hastighet, forkortet til «MAS» («maximal aerobic speed»), er en beskrivelse av aerob prestasjon (Bellenger, et al., 2015). MAS blir beskrevet som den laveste kontinuerlige hastigheten en person kan løpe på, men samtidig oppnå VO_{2max} (Renoux, et al., 2000), og da samtidig den høyeste hastigheten før VO_2 slutter å stige. MAS er avhengig av både VO_{2max} og arbeidsøkonomi i løping (C_r) (Berthoin, et al., 1996). I denne studien går man ut fra at MAS kan regnes ut ved den enkle formelen VO_{2max} / C_r , som vist i Helgerud, et al. (2010).

2.5 VO_{2max}

VO_{2max} er et mål for aerob kapasitet (Bosquet, et al., 2002; Bassett & Howley, 2000), og er også kjent som «maksimalt oksygenopptak» eller, mer presist, «maksimalt

oksygenforbruk». I denne studien måles VO_{2max} i « $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ », også kjent som «kondisjonstall». VO_{2max} blir sett på som den viktigste faktoren for prestasjon i utholdenhetsidretter (Helgerud, et al., 2007). Samtidig peker Helgerud, et al. (2007) på at VO_{2peak} varierer ut fra hvilken type aktivitet eller idrett man driver med. Eksempelvis vil VO_{2peak} hos en løper være forskjellig om man tester VO_{2max} på tredemølle eller på sykkel (McArdle, et al., 2015, s. 228), og den høyeste VO_{2peak} som kan oppnås av et individ regnes derfor som individets VO_{2max} .

2.6 Begrensende faktorer for VO_{2max}

Faktorene som begrenser VO_{2max} i kroppen kan deles opp i to deler: sentrale og perifere faktorer (Bassett & Howley, 2000), eller, mer presist, «supply» og «demand» (Wagner, 1996). Ficks formel gir at $VO_2 = \text{hertets minuttvolum} \cdot \text{arteriovenøs-O}_2\text{-differanse (a-v-O}_2\text{diff)}$ (McArdle, et al., 2015, s. 342). I denne sammenheng vil da minuttvolum representere supply, mens a-v-O₂diff representerer demand.

Supply

Supply betegner transportkapasiteten av O₂ fra lunger, via hjertet, og til skjelettmuskulaturen. (Bassett & Howley, 2000; Wagner, 1996).

Lungenes diffusjonskapasitet kan begrense VO_{2max} hos eliteutøvere i utholdenhetsidretter (Bassett & Howley, 2000). Dette skjer grunnet at et høyere minuttvolum blod (40L hos eliteutøvere vs. 25L hos «vanlige» mennesker) pumpes gjennom lungekapillærene (Bassett & Howley, 2000). Dette fører til kortere blodgjennomstrømningstid i lungekapillærene, som igjen fører til mindre tid til å mette de røde blodcellene med O₂ før de pumpes videre i kroppen (Bassett & Howley, 2000).

Hjertets maksimale minuttvolum vil si «maksimal hjertefrekvens · slagvolum» (Helgerud, et al., 2007). Minuttvolum blir spesielt viktig sett i lys av at ved helkroppsarbeid er skjelettmuskulene i stand til å forbruke mer O₂ enn hva de får tilgang på gjennom sirkulasjonssystemet (Richardson, et al., 1999). Da hjertefrekvens ikke er trenbar (Helgerud, et al., 2007), og heller ikke viser seg å ha en effekt på VO_2 -dynamikk (Munch, et al., 2014), er den eneste måten å øke hjertets minuttvolum å øke slagvolumet (Helgerud, et al., 2007; Bassett & Howley, 2000).

Blodets evne til å transportere oksygen blir i hovedsak styrt av hemoglobinnivå og andel røde blodceller (Helgerud, et al., 2007; Bassett & Howley, 2000). Andelen røde blodceller kan økes ved å drive med høydetrening, som bidrar til økt produksjon av

erythropoietin («EPO») (Flaherty, et al., 2016), eller via ulovlige tiltak, som blodddoping (Bassett & Howley, 2000).

Demand

Demand vil si skjelettmuskulaturens evne til å forbruke O₂ gjennom energiomsetningen, og er, først og fremst, avhengig av mengde aktiv skjelettmuskelmasse, mengden og antall mitokondrier og mitokondrielt enzymnivå (Bassett & Howley, 2000).

Perifer diffusjonsgradient vil si nivået av diffusjon mellom blodet og muskelen som tas i bruk under aktivitet (Bassett & Howley, 2000). Hvor høy diffusjonsgradient er bestemmes av forskjellen mellom PO₂ (oksygentrykk) i muskelens mitokondrier og blodet (Bassett & Howley, 2000). Jo høyere PO₂ i blodet i forhold til mitokondriene, jo høyere diffusjonsgradient (Bassett & Howley, 2000). PO₂ i mitokondriene senkes ved kontraksjon, som betyr at høyere blodgjennomstrømning ikke øker O₂-opptaket i musklene alene – det trengs også muskelkontraksjoner (Bassett & Howley, 2000). Det vil si at både økt supply og økt demand øker den perifere diffusjonsgradienten.

I teorien vil en dobling av antall mitokondrier i musklene også doble antall punkter musklene kan ta opp O₂ (Bassett & Howley, 2000). Derimot viser det seg at dette bare fører til en moderat økning av VO_{2max} (20-40 %), på tross av en 2.2 ganger økning i mitokondrielle enzymer (Bassett & Howley, 2000). Hovedeffekten av økning i antall mitokondrielle enzymer er en økning i utholdenhetsprestasjon heller enn en økning i VO_{2max}, hvor selv lavintensiv trening kan føre til små endringer i mitokondrielle enzymer (Bassett & Howley, 2000).

2.7 Arbeidsøkonomi i løping (C_r)

Arbeidsøkonomi er en annen viktig faktor som er med på å bestemme prestasjon i utholdenhetsidrett (di Prampero, 2003; Bosquet, et al., 2002; Joyner & Coyle, 2008). Arbeidsøkonomi vil si hvor mye kraft eller fart man kan generere på et gitt nivå av oksygenforbruk (Joyner & Coyle, 2008), og dermed vil arbeidsøkonomien i løping (C_r) være direkte omvendt proporsjonal med oksygenkostnaden på et gitt arbeid over tid. I følge Joyner & Coyle (2008) kan C_r ved en gitt hastighet i langdistanseløping variere med så mye som 30-40 %. Forskjeller i C_r påvirkes av flere individuelle forskjeller (Joyner & Coyle, 2008; Helgerud, et al., 2007). Helgerud, et al. (2007) nevner metabolske tilpasninger i muskelen (som økt mitokondrietetthet og økning i oksidative enzymer) og muskelens evne til å lagre og bruke elastisk energi ved å øke muskelstivhet, mens Joyner & Coyle (2008) forklarer at muskelfibertypesammensetning

spiller en rolle, hvor større andel type 1-muskelfibre vil være fordelaktig for utholdenhetsutøvere. Videre nevner Helgerud, et al. (2007) at økt maksimal muskelstyrke, og spesielt økning i «rate of force development» («RFD»), vil være med på å forbedre C_r . RFD synes å ha en betydning ved at det gir en kortere kontraksjonstid i en gitt bevegelsesyklus, hvilket koster mindre energi og gir lengre avslapningstid – lengre transittid (Støren, 2009). Videre har Barrett-O'Keefe, et al. (2012) vist at etter maksimal styrketrening har syklister opprettholdt a-v- O_2 diff til tross for redusert supply – hvilket vil si en redusert C_r på et gitt arbeid. Dette tyder på at faktorer påvirket av den maksimale styrketreningen har gitt en økt nevro-muskulær effektivitet.

2.8 Laktatterskel og utnyttingsgrad

Laktatterskel (LT) representerer den høyeste intensiteten hvor produksjon og eliminasjon av laktat er lik, og oppgis i prosent av VO_{2max} (Helgerud, et al., 2007; Moxnes, et al., 2012). LT i prosent av VO_{2max} synes ikke å ha noen sammenheng med utholdenhetsprestasjon i løping, selv om løpshastighet ved LT synes å ha det (Støa, et al., 2020). Utnyttingsgraden oppgis også i prosent av VO_{2max} , og betegner den intensiteten man kan ligge på under et gitt arbeid, for eksempel en løpskonkurranse (Støa, et al., 2010). Hvor høy LT er varierer fra individ til individ og avhenger sannsynligvis først og fremst av medfødte egenskaper, som andelen av type I-muskelfibre (Støren, et al., 2014) og det ser dermed ikke ut til at denne er trenbar (Støren, et al., 2014). Løpshastigheten og laktatterskel, derimot, er i høyeste grad trenbar, og øker med forbedret VO_{2max} , C_r eller begge (Helgerud, et al., 2007; Støren, et al., 2014; Støa, et al., 2020). Siden utnyttingsgraden først og fremst avhenger av arbeidets lengde, for eksempel konkurransetid (Støa, et al., 2010), vil en kortere konkurransetid gi høyere utnyttingsgrad og dermed vil også utnyttingsgraden indirekte øke ved forbedret VO_{2max} , C_r eller begge.

2.9 Maksimal anaerob hastighet (MANS)

Maksimal anaerob hastighet, forkortet til «MANS» («maximal anaerobic speed»), er en beskrivelse av den høyeste hastigheten en person kan oppnå i bevegelse – løping, i dette tilfellet. Hverdaglig kan dette også kalles for «maksimal sprinthastighet». I denne studien blir MANS målt i m/min, og regnet ut med denne formelen:

$(100/\text{hundremetertid i sek}) \cdot 60$. Hastigheten på 100-meter gir ikke et absolutt riktig bilde av toppfart, da 100-meterløp inneholder både en akselerasjonsfase i starten og en retardasjonsfase på slutten av løpet (Thompson, 2017). På en annen side gir 100-

meterhastighet et godt bilde på sprinthastighet, og i den praktiske hverdagen til utøvere og trenere vil det være svært mye lettere å teste denne enn absolutt toppfart.

2.10 Begrensende fysiologiske faktorer for MANS

Som navnet «MANS» tilsier, spiller effektiviteten til de anaerobe energiomsetningssystemene en stor rolle for prestasjon, da hurtig ATP-dannelse er en sentral del av høy sprinthastighet (Thompson, 2017). I følge Thompson (2017) står også evnen til å produsere høy effekt ($N \cdot m \cdot s^{-1}$) sterkt i samsvar med maksimal muskelstyrke. Maksimal muskelstyrke er i sin tur avhengig av muskeltverrsnitt og evne til å utnytte dette tverrsnittet ved god evne til nevro-muskulær aktivering (Maffiuletti, et al., 2016). Ved å kunne rekruttere mange motoriske enheter, og ha en høy fyringsfrekvens gjennom disse, vil det kunne frigjøres mye kalsium fra sarkoplasmatiske retikulum, og mange tverrbroer vil kunne gå i inngrep samtidig (Maffiuletti, et al., 2016). Ved å inneha en stor prosentandel type II-fibre vil evnen til å kunne utvikle mye kraft også ved store forkortningshastigheter i de aktuelle musklene være bedre enn ved en høy prosentandel type I-fibre (Maffiuletti, et al., 2016). Videre vil en høy RFD og god muskel/sene-stivhet i beina, samt god koordinasjon mellom agonister og antagonister være av stor betydning for god sprinthastighet (Maffiuletti, et al., 2016) og dermed høy MANS.

2.11 Anaerob kapasitet

«Anaerob kapasitet» defineres som den maksimale mengden ATP kroppen kan produsere gjennom anaerobe energiomsetningssystemer under maksimal ytelse over kort tid (Green & Dawson, 1993). Anaerob kapasitet har sterk sammenheng med prestasjon i aktiviteter og idretter som krever høy intensitet ved kort varighet (Zagatto, et al., 2017), som for eksempel 100-meter sprint.

Medbø, et al. (1985) kom fram til at å bruke oksygenunderskudd som målingsenhet gjorde det mulig å kvantifisere anaerob kapasitet. Dette har blitt problematisert i senere tid, da det har vist seg å være vanskelig å enkelt kunne kvantifisere den anaerobe kapasiteten (Green & Dawson, 1993; Gastin, 2001; Zagatto, et al., 2017) under tester med en predefinert ytre belastning. Siden kvantifisering av anaerob kapasitet har vist seg komplisert å teste i praksis, og er omdiskutert, vil kanskje en kvantifisering basert på hastighet heller enn kapasitet være formålstjenlig i den praktiske treningshverdagen til utøvere og trenere. Begrepet maksimal anaerob hastighet (MANS) sammen med det

oftere brukte begrepet maksimal aerob hastighet (MAS) vil muligens kunne gjøre kvantifisering av prestasjonspredikerende egenskaper lettere i mellomdistanseidretter.

2.12 Anaerob sprintreserve (ASR)

Den anaerobe sprintreserven, «anaerobic speed reserve» (ASR), vil si fartssonen mellom hastigheten hvor VO_{2max} først blir oppnådd og maksimal sprints hastighet/maksimal anaerob hastighet (Sandford, et al., 2019). Dette vil dermed si sonen mellom MAS og MANS. ASR har blitt satt i sammenheng med det fysiologiske og mekaniske mangfoldet blant 800-meterløpere gjennom hvordan løpere løser 800-meterløp taktisk og effektivt på bakgrunn av hvilke hastigheter man kan løpe avslappet og samtidig kunne akselerere til høye hastigheter når det er nødvendig (Sandford, et al., 2019). Sandford, et al. (2019) påpeker at 800-meterløpere i ypperste verdensklasse (tid rundt 104-105 sek) har større ASR enn gruppen i nivået under (107 sek). 800-meterløpere som viser både stor ASR og høy MANS vil ha muligheten til å løpe avslappet på høyere hastigheter sammenlignet med løpere med lavere ASR, hvis man altså går ut fra lik aerob kapasitet (Sandford, et al., 2019).

2.13 Anaerobe energiomsetningssystemer

Anaerobe energiomsetningssystemer deles, som nevnt, opp i to hoveddeler: ATP-CrP-systemet og glykolysen (McArdle, et al., 2015, s. 162).

ATP-CrP-systemet

ATP-CrP-systemet er det anaerobe energiomsetningssystemet som kroppen først tar i bruk under intens aktivitet (Gastin, 2002; Artioli, et al., 2012; McArdle, et al., 2015, s. 162). I følge Gastin (2001) kommer ATP-CrP-systemets hovedbidrag i de første 1-2 sekundene av maksimal aktivitet. Rundt 75-85 % av nedgangen av CrP-lagrene skjer i løpet av de første 10 sekundene av maksimal aktivitet, og lite, hvis noe, ATP-produksjon som følge av ATP-CrP-systemet skjer etter 20 sekunder med maksimal ytelse (Gastin, 2001).

Det er to hovedfaktorer som bestemmer effekten av ATP-CrP-systemet: størrelsen på lagrene av intramuskulært ATP-CrP og hvor fort disse lagrene tømmes under maksimal ytelse (McArdle, et al., 2015, s. 230).

Glykolysen

Glykolysen bidrar i større grad til ATP-produksjon først etter noen få sekunder med maksimal ytelse (Gastin, 2001; McArdle, et al., 2015, s. 231). I følge Gastin (2001)

oppretholdes den maksimale ATP-produksjonen gjennom glykolysen i flere sekunder, i motsetning til ATP-CrP-systemet. Dette betyr derimot ikke at de anaerobe energiomsetningssystemene er de eneste som bidrar til ATP-produksjon i startfasen under maksimal ytelse; aerob energiomsetning begynner tidlig, og øker i trinn med økende lengde på aktiviteten (Medbø, et al., 1985; Gastin, 2001; McArdle, et al., 2015, s. 231).

Da melkesyre alltid er sluttproduktet av glykolysen (Rogatzki, et al., 2015; Gastin, 2001), vil melkesyreproduksjonen i blodet under maksimal anaerob aktivitet av varighet over ca. 10 sekunder overstige kroppens evne til å kvitte seg med melkesyren (Gastin, 2001; McArdle, et al., 2015, s. 231). Det er verdt å merke seg at melkesyre ikke kun konsentreres i blodet, men også i musklene (Gastin, 2001; Moxnes, et al., 2012), og at melkesyrekonsentrasjonen i musklene er mye høyere enn hva laktatkonsentrasjonen i blodet viser til (Gastin, 2001). Melkesyren består av sukkeret laktat (La^-) og hydrogenioner (H^+) (McArdle, et al., 2015, s. 146). Laktatdelen av melkesyren kan gjenbrukes som energisubstrat under arbeid (McArdle, et al., 2015, s. 147), mens hydrogenionene fører til et surere miljø i muskelcelle, noe som forringer disse cellenes arbeidskapasitet noe (McArdle, et al., 2015, s. 301). Det er derfor en fordel å kvitte seg med overskuddet av H^+ i muskelcellene så raskt som mulig, og denne evnen bestemmes først og fremst av sirkulasjonskapasitet og bufferkapasitet (Heisler, 2004). H^+ bufres ved hjelp av bikarbonat (H_2CO_3) etter formelen $\text{HCO}_3^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$, der vannet og karbondioksidet enkelt kan transporteres ut ved eksempelvis utånding (McArdle, et al., 2015, s. 300).

2.14 Kjønnforskjeller ved anaerob kraftutvikling

Det er et kjent faktum at menn scorer høyere enn kvinner når det gjelder anaerob kraftutvikling i absolutte tall (McArdle, et al., 2015, s. 232-233). Mindre kjent, dog, er kunnskapen om at menn også scorer høyere i relativ anaerob kraftutvikling når man har justert for aktiv muskelmasse mellom kjønnene, hvor forskjellen, gjennomsnittlig, ligger rundt 20 % (McArdle, et al., 2015, s. 233). To studier (Murphy, et al., 1986; Hill & Smith, 1993) kom fram til lignende konklusjoner ved bruk av 30 sek-Wingate-test, hvor man så at forskjellen mellom kjønnene ikke kunne direkte forklares ved å se på forskjellen i «lean body mass». Wingate-tester er eksempler på anaerobe kapasitetstester basert på en definert ytre motstand relatert til kroppsvekt, og gir en kombinasjon av

maksimal anaerob kapasitet samt ca. 20-40 % bruk av aerob kapasitet (Medbø & Tabata, 1989; Smith & Hill, 1991).

Duffield, et al. (2005) kom fram til at forholdet mellom aerobt og anaerobt energibidrag ved 800-meter løping var 60/40 hos menn (126.0 ± 5.4 sek løpstid) og 70/30 hos kvinner (151.5 ± 4.9 sek løpstid). Det er selvfølgelig en mulighet for at denne kjønnsforskjellen i hovedsak er et produkt av at kvinner bruker lengre tid på 800-meter enn menn.

3 Metode

3.1 Utvalg

13 voksne personer deltok i testingen til denne studien. I utgangspunktet ble potensielle testpersoner forsøkt rekruttert via idrettslag i Vestfold og Telemark, samt gjennom andre kontakter. Dette ble gjort ved å sende ut informasjonsskriv til idrettslagene, hvor vi da ønsket svar om hvorvidt det var utøvere som var villige til å delta i studien. Da dette ikke rekrutterte tilstrekkelig med deltakere, ble rekrutteringen utvidet til å inkludere studenter ved idrettslinjen ved Universitetet i Sørøst-Norge, avdeling Bø i Telemark. Deltakelsen var frivillig, og alle deltakere stod fritt til å trekke seg fra studien når de måtte ønske. Før testingen begynte måtte alle deltakere skrive under på egenerklæringsskjema om egen helse. Denne oppgaven er en del av en pågående studie ved USN om prestasjonsbestemmende faktorer for tidsprestasjon i 800-meter løp. Denne studien er godkjent med tanke på vitenskapelighet og etiske betraktninger ved forskningsavdeling ved USN i 2018, og meldt inn og godkjent med tanke på personvern av NSD i 2018 og utvidet søknad i 2020 med referansekode 183455.

I tillegg til de 13 forsøkspersonene som ble testet ved USN, ble 69 løpere over 16 år sine resultater fra 100-meter og 800-meter i 2019 hentet fra Norges Friidrettsforbund (NFIF) sine nettsider. Dette var alle utøvere i denne databasen som hadde samtidige resultater på 100-meter og 800-meter i 2019. Disse dataene ligger åpent tilgjengelig på nett (<https://www.minfriidrettsstatistikk.info/php/LandsStatistikk>).

Inklusjonskriteriene for studien var relativt enkle i starten: ha en 800-metertid i løping på mellom 1.45-2.30, samt være over 18 år. Kriteriet om løpetid under 2.30 ble fjernet samtidig som idrettsstudenter ble rekruttert.

Standard eksklusjonskriterier ble tatt i bruk. Det vil si helseutfordringer som ville være problematiske for å gjennomføre testingen til studien, som for eksempel: arytmier, akutt hodepine, brystmerter, svimmelhet, og så videre.

Denne masteroppgaven inneholder altså delresultater fra en fortsatt pågående studie, og resultatene i denne studien vil derfor høyst sannsynlig avvike fra endelige resultater publisert i fagfelleurdert artikkel.

3.2 Fysiske karakteristika av forsøkspersoner testet ved USN og karakteristika av NFIF-løpere

2 kvinner og 11 menn deltok i testingen ved USN, og karakteristika er presentert i tabell 1. 32 kvinnelige og 37 mannlige løperes resultater ble hentet fra NFIF-resultatlistene, og karakteristika er presentert i tabell 2.

Tabell 1: Karakteristika av deltakere (n=13)

Variabler	n=13
Høyde (cm)	181.1 ± 8.9
Vekt (kg)	75.2 ± 10.1
VO _{2max} (ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	62.5 ± 10.9
800-metertid (sek)	143.8 ± 18.5
Estimert 800-metertid (sek)	133.1 ± 12.2

Verdier er oppgitt i gjennomsnitt ± standardavvik. VO_{2max}: maksimalt oksygenopptak, ml·kg⁻¹·min⁻¹: milliliter per kilo kroppsvekt per minutt.

Tabell 2: Karakteristika av løpere hentet fra NFIF sin resultatdatabase (n=69)

Variabler	Totalt (n=69)	Menn (n=37)	Kvinner (n=32)
Alder (år)	20.3 ± 8.0		
100-metertid (sek)	12.6 ± 1.0	12.0 ± 0.6	13.3 ± 0.8
800-metertid (sek)	131.9 ± 15.8	121.0 ± 6.4	144.5 ± 14.0

Verdier er oppgitt i gjennomsnitt ± standardavvik.

3.3 Testing av forsøkspersoner ved USN

Testingen som ble utført var, i utgangspunktet, kun VO_{2max}-test og C_r-test. Det ble tilbudt 100-metertesting for løpere som ikke fikk/kunne få konkurransetid på denne distansen. 800-metertid skulle hentes fra konkurranse, eller fra testløp dersom konkurranseresultat ikke var tilgjengelig.

I tillegg ble vekt målt, og høyde ble selv oppgitt av testpersonene.

Testene ble utført ved fysiologisk testlaboratorium og friidrettsbanen ved Universitetet i Sørøst-Norge, avdeling Bø i Telemark. Ved testing av VO_{2max} og C_r ble idrettsutøverne hentet inn én og én, mens idrettsstudentene gjerne ønsket å være flere i rommet mens testingen foregikk.

Testing av VO_{2max} og arbeidsøkonomi (C_r)

Testingen av VO_{2max} og C_r ble utført på samme dag. Før oppvarming fikk deltakerne teste hvilken størrelse på masken som passet og hvor stor maskestropp som var optimal, samt velge pulsbelte i riktig størrelse. Deltakerne ble instruert til å varme opp i 10 minutter på tredemølle i tempo de selv bestemte. Etter endt oppvarming løp deltakerne to C_r -drag á 5 minutter på tredemøllen. Tempoet ble bestemt av testlederne, og ble satt til estimert 70-80 % av VO_{2max} . VO_2 -målinger som ble brukt til å regne ut gjennomsnittlige C_r var hentet mellom 3.30 og 5.00 minutter i begge C_r -dragene.

Etter en aktiv pause på 5-10 minutter, ble det utført VO_{2max} -test. Startintensitet ble valgt med utgangspunkt i resultater fra C_r -testene og en subjektiv vurdering av testleder, med en motbakke på 5 %. Hastigheten ble økt med 0.5 km/t hvert 30. sekund, med mindre deltakeren gav signal om at hastigheten var høy nok. Testen ble avsluttet når deltakeren ikke orket mer (frivillig utmattelse). Kriterier for å vurdere om VO_{2max} ble nådd var frivillig utmattelse, H_f over 95 % av H_{fmax} , avflatning i VO_2 -kurve, og respiratorisk utvekslingskvotient (RER) over 1.1.

Alt av teknologisk utstyr (datamaskin, oksygenanalysator, tredemølle) ble startet og kalibrert etter testlaboratoriets protokoller.

Avvik under testing av VO_{2max} og arbeidsøkonomi (C_r)

To deltakere ble kalt tilbake for C_r -test ved en senere anledning, da begge C_r -dragene på testdagen ble løpt på for lav prosent av VO_{2max} .

Testing av 100-meter og 800-meter ved USN

For deltakerne som ikke hadde konkurransetid i enten 100-meter, 800-meter, eller begge deler, ble det gjennomført testing av begge distansene på utendørsfriidrettsbanen ved Universitetet i Sørøst-Norge, avdeling Bø i Telemark. Alle deltakerne som deltok i denne testingen gjennomførte på samme måte. Minst to deltakere måtte testes samtidig, da dette skulle bedre simulere konkurransesituasjon og gi mer korrekt tid.

100-meter ble testet først. Deltakerne ble instruert til å varme opp i 15-20 minutter. Først generell oppvarming, og deretter mer spesifikk oppvarming inn mot 100-meterløpet. Tidene ble målt manuelt med stoppeklokke. Tre testledere ble benyttet. Én til å starte testen og to til tidtaking. Testleder 1, som startet testen, stod bak deltakerne som skulle løpe, og gav både verbalt og visuelt signal samtidig (i form av «klar, ferdig gå» og et signal med armen). Testleder 2 og 3, som tok tiden for hver sin løper, stod ved

mållinjen og brukte det visuelle signalet fra testleder 1 til å starte tidtakingen. Tiden ble stoppet idet testleder 2 og 3 sine respektive deltakere krysset mållinjen.

Etter en aktiv pause på 10-15 minutter ble det deretter testet 800-meter. Tre testledere ble benyttet. To testledere stod ved start- og målstreken og én stod på motsatt side av banen. Testlederne ved start/mål stod for tidtaking og heiarop, mens testlederen på motsatt side av banen kun skulle heie og motivere. Tre stoppeklokker var tilgjengelig for bruk. Deltakerne som var til stede (opptil fem på én dag) løp alle denne distansen samtidig, da det ble ansett som lav risiko at de skulle komme i mål likt nok til at det skulle være problematisk i forhold til tidtakingen.

Langside med medvind (eventuelt vindstille) ble konsekvent brukt til 100-metertestene. På stikkprøver ble det aldri målt vindstyrke over $2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Dette var som ventet. Dersom data fra lokal værstasjon tilkjennegav vindstyrke over $2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, ville det ført til utsettelse av testene.

Utstyr brukt under testing

Oksygenanalysator: Metalyzer II Cortex Biophysic GmbH (Leipzig, Tyskland)

Tredemølle: Woodway PPS 55 sport (Tyskland)

3.4 Formler brukt til utregning

- Estimert konkurransetid (800-meter):
$$(800 / (X \cdot (\text{VO}_{2\text{max}} / C_r) + Y \cdot ((100 / \text{sprinttid}) \cdot 60)) \cdot 60$$
- Arbeidsøkonomi i løping (C_r): VO_2 / v (km/t)
- Estimert prosentandel MANS under 800-meter: $v_{800\text{-meter}} / \text{MANS}$

3.5 Statistikk

Statistiske utregninger ble utført ved hjelp av IBM SPSS, og grafer ble laget ved hjelp av Microsoft Excel. Både de 13 testdeltakerne og de 69 NFIF-løperne ble testet for normalfordeling på 800-meterresultatene ved QQ-plot og Shapiro-Wilk-tester.

Materialet ble funnet normalfordelt. Parametrisk deskriptiv statistikk ble brukt for å finne gjennomsnittsverdier og standardavvik for alle variabler. Korrelasjoner (r), determinasjons- r (r^2) og statistisk signifikans ble regnet ut ved Pearsons korrelasjonskoeffisient og lineærregresjon. Variasjonskoeffisient ble regnet ut ved standardavvik / gjennomsnittsverdi. Forskjeller mellom grupper (kjønn, nivå) ble regnet ut ved ikke-parede t-tester, samt en general linear model med Tukey's post-hoc-tester

anvendt for å sjekke forskjeller mellom de tre nivåene i resultatene hentet fra NFIF sin database. Signifikansnivå ble satt til $p < 0.05$ i tohalede tester.

4 Resultater

Dette kapittelet inneholder både resultater fra de 13 rekrutterte deltakerne testet ved USN og de 69 løperne fra NFIF sine resultatlister.

Resultater for alle de 13 løperne testet ved USN er presentert i tabell 3.

Tabell 3: MAS, MANS, 800-metertid, og estimert prosentandel MANS (n=13)

TP	MAS (m/min)	MANS (m/min)	800-meterfart (m/min)	Intensitet (%MANS)
1	262.1	403.2	304.4	75.5
2	341.6	455.9	339.9	74.6
3	379.5	512.8	416.6	81.2
4	350.5	500.0	407.8	81.6
5	352.1	481.5	415.6	86.3
6	294.4	382.2	295.9	77.4
7	269.7	441.2	315.4	71.5
8	261.1	480.0	315.6	65.8
9	274.6	495.9	360.1	72.6
10	297.8	444.4	322.4	72.5
11	274.1	441.5	275.1	62.3
12	266.2	472.4	329.9	69.8
13	277.1	469.5	355.6	75.7
Gjennomsnitt ± standardavvik	300.1 ± 41.0	460.0 ± 37.7	342.6 ± 46.3	74.4 ± 6.5

TP: testperson, MAS (m/min): maksimal aerob hastighet oppgitt i meter per minutt, MANS (m/min): maksimal anaerob hastighet oppgitt i meter per minutt, 800-meterfart (m/min): gjennomsnittlig hastighet under 800-meterløp oppgitt i meter per minutt, Intensitet (%MANS): estimert prosentandel av 800-meterløpet som ble løpt på maksimal anaerob hastighet oppgitt i prosent.

Gjennomsnittsverdier for konkurransetider for deltakerne i 100-meter og 800-meter, samt utregnet 800-meterfart, MAS og MANS i meter per minutt, og estimert prosentandel MANS under 800-meter, samt nivå- og kjønnsdelte resultater er presentert i tabell 4 og 5.

Tabell 4: Tids- og hastighetsprestasjoner hos løperne testet ved USN (n= 13)

Variabler	
100-metertid (sek)	13.1 ± 1.1
800-metertid (sek)	142.4 ± 18.5
800-meterfart (m/min)	342.6 ± 46.3
MAS (m/min)	300.1 ± 41.0
MANS (m/min)	460.0 ± 37.7
Est. MANS under 800-meter (%)	74.4 ± 6.5

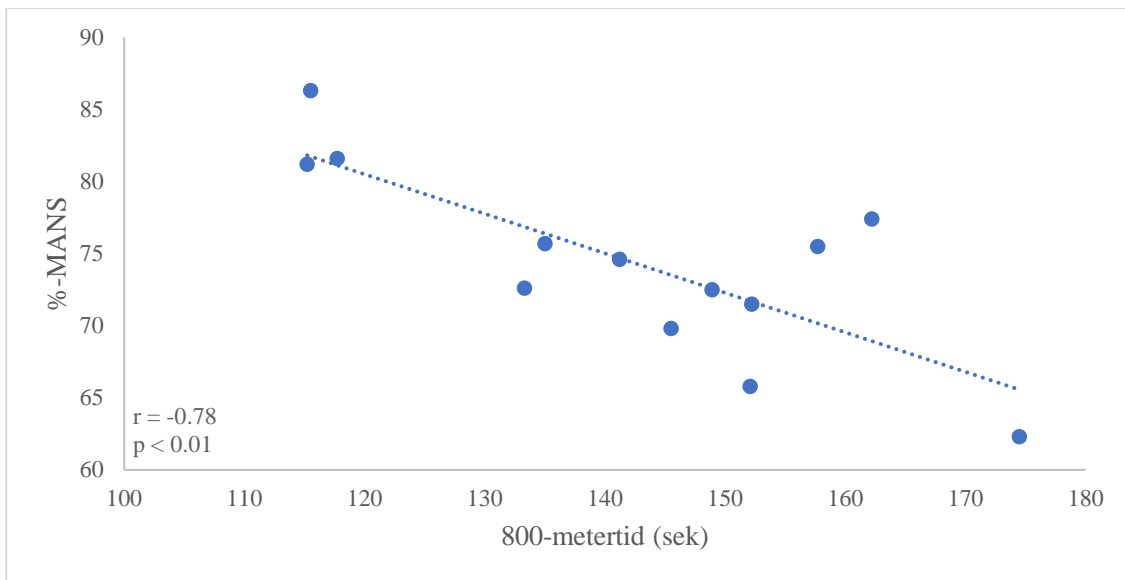
Verdier er oppgitt i gjennomsnitt ± standardavvik. 800-meterfart (m/min): gjennomsnittlig hastighet under 800-meter løping oppgitt i meter per minutt, MAS (m/min): maksimal aerob hastighet oppgitt i meter per minutt, MANS (m/min): maksimal anaerob hastighet oppgitt i meter per minutt. Est. MANS under 800-meter (%): estimert prosentandel av 800-meterløpet som ble løpt på maksimal anaerob hastighet oppgitt i prosent.

Tabell 5: Tids- og hastighetsprestasjoner hos løperne testet ved USN (n=13) fordelt på nivå og kjønn

	100m (sek)	800m (sek)	800m (m/min)	MAS (m/min)	MANS (m/min)	Intensitet (%MANS)
Nivå 1 (n=3)	12.1 ± 0.4	116.1 ± 1.4	413.3 ± 4.8	360.7 ± 16.3	498.1 ± 15.7	83.0 ± 2.8
Nivå 3 (n=10)	13.5 ± 1.1*	150.3 ± 12.6*	321.4 ± 26.3*	281.9 ± 24.3*	448.6 ± 34.8*	71.8 ± 4.7*
Menn (n=11)	12.7 ± 0.7	139.2 ± 18.3	350.4 ± 46.3	304.0 ± 43.1	472.3 ± 24.7	74.0 ± 7.0
Kvinner (n=2)	15.3 ± 0.6#	160.0 ± 3.2#	300.2 ± 6.0#	278.3 ± 22.8#	392.7 ± 14.8#	76.5 ± 1.3#

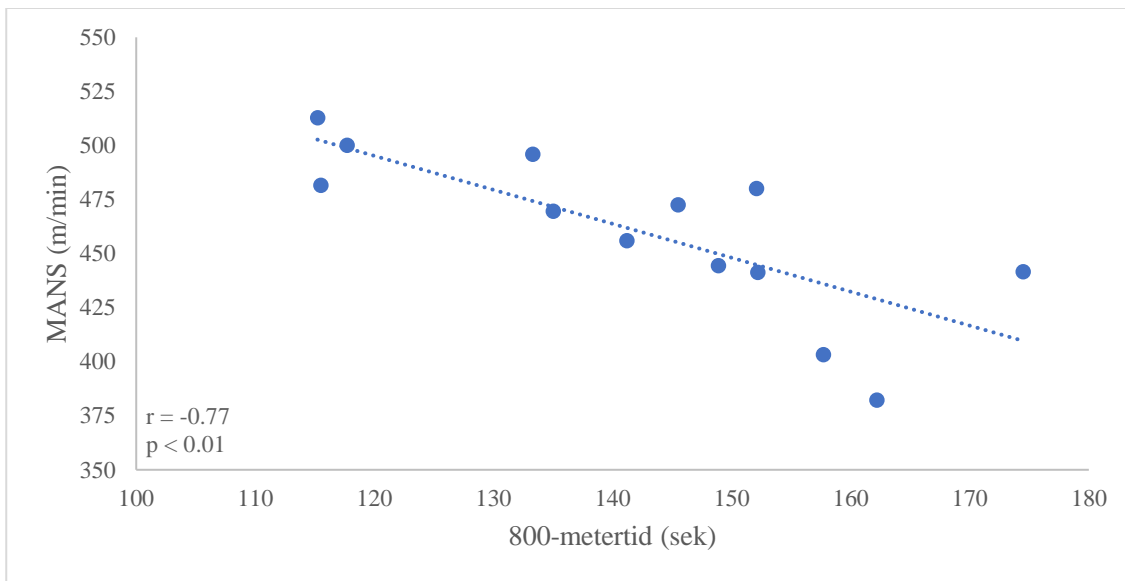
Verdier er oppgitt i gjennomsnitt ± standardavvik. Ingen løpere oppfylte kravene til nivå 2. 800-meterfart (m/min): gjennomsnittlig hastighet under 800-meter løping oppgitt i meter per minutt, MAS (m/min): maksimal aerob hastighet oppgitt i meter per minutt, MANS (m/min): maksimal anaerob hastighet oppgitt i meter per minutt, Intensitet (%MANS): estimert prosentandel av 800-meterløpet som ble løpt på maksimal anaerob hastighet oppgitt i prosent, nivå 1: løpere med 800-metertid på opptil 119.9 sekunder, nivå 2: løpere med 800-metertid mellom 120.0 og 129.9 sek, nivå 3: løpere med 800-metertid på over 130.0 sek. * signifikant svakere verdier enn for nivå 1 ($p < 0.01$). # signifikant svakere verider enn for menn ($p < 0.01$).

Figur 1 viser sammenhengen mellom estimert prosentandel MANS under 800-meter og faktisk 800-metertid hos de 13 testdeltakerne. Her kan vi se at høyere prosentandel MANS brukt hos deltakerne korrelerer med lavere løpstid på 800-meter ($p < 0.01$), hvor %-MANS-variabelen kan forklare 61 % av 800-metertiden deres ($r^2 = 0.61$).



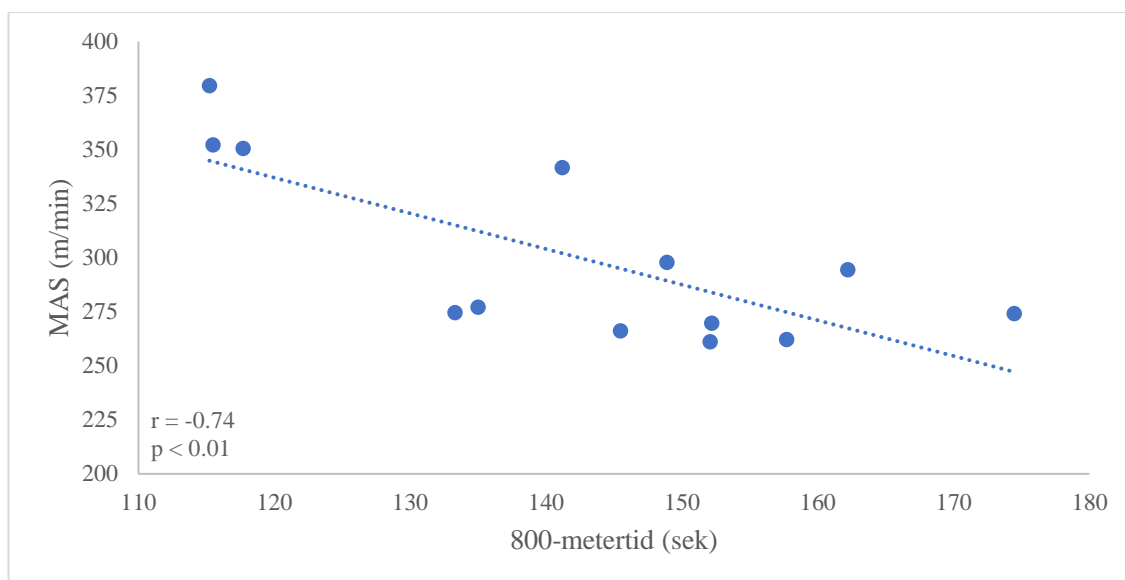
Figur 1: forholdet mellom estimert prosentandel MANS under 800-meter og 800-metertid hos testdeltakerne.

Figur 2 viser sammenhengen mellom MANS (i meter per minutt) og faktisk 800-metertid hos de 13 testdeltakerne, hvor vi kan se at høyere MANS korrelerer med lavere 800-metertid med en p-verdi på < 0.01 , hvor MANS her kan forklare 60 % av 800-metertiden ($r^2 = 0.60$), som samsvarer veldig godt med r^2 -verdien observert i figur 1.



Figur 2: forholdet mellom MANS og 800-metertid hos testdeltakerne.

Figur 3 viser sammenhengen mellom MAS (i meter per minutt) og 800-metertid hos de 13 testdeltakerne. Figuren viser at høyere MAS korrelerer med lavere løpstid på 800-meter med en p-verdi på < 0.01 . MAS viser seg her å kunne forklare 55 % av 800-metertiden ($r^2 = 0.55$)



Figur 3: forholdet mellom MAS og 800-metertid hos testdeltakerne.

Tabell 6 viser gjennomsnittlige verdier på konkurransetider fra NFIF-utøvere i 100-meter og 800-meter, samt utregnet 800-meterfart og MANS i meter per minutt, og estimert prosentandel MANS under 800-meter.

Tabell 6: Tids- og hastighetsprestasjoner hos NFIF-utøvere (n=69)

Variabler	
100-metertid (sek)	12.6 ± 1.0
800-metertid (sek)	131.9 ± 15.8
800-meterfart (m/min)	368.7 ± 41.2
MANS (m/min)	477.8 ± 36.1
Est. MANS under 800-meter (%)	77.2 ± 6.3

Verdier er oppgitt i gjennomsnitt ± standardavvik. 800-meterfart (m/min): gjennomsnittlig hastighet under 800-meter løping oppgitt i meter per minutt, MANS (m/min): maksimal anaerob hastighet oppgitt i meter per minutt. Est. MANS under 800-meter (%): estimert prosentandel av 800-meterløpet som ble løpt på maksimal anaerob hastighet oppgitt i prosent.

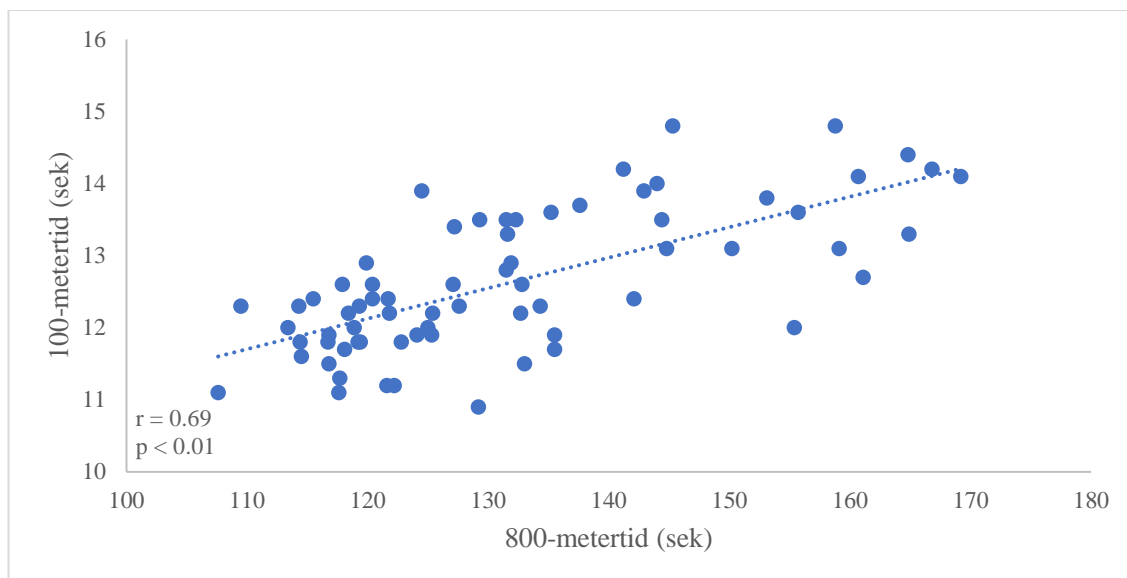
Tabell 7 viser forskjeller i 100-metertid, 800-metertid, 800-meterfart, MANS, og estimert prosentandel MANS under 800-meter hos de 69 løperne hentet fra NFIF sine resultatlistene om man deler opp etter nivå.

Tabell 7: Tids- og hastighetsprestasjoner hos NFIF-utøvere (n=69) fordelt på nivå og kjønn

	100m (sek)	800m (sek)	800m (m/min)	MANS (m/min)	Intensitet (%MANS)
Nivå 1 (n=20)	11.9 ± 0.5	116.3 ± 3.3	413.1 ± 12.1	504.1 ± 20.1	82.0 ± 3.6
Nivå 2 (n=17)	12.3 ± 0.8*	124.4 ± 2.9*	385.9 ± 9.0*	491.4 ± 32.0*	78.9 ± 5.2*
Nivå 3 (n=32)	13.3 ± 0.9**#	145.6 ± 12.5**#	331.9 ± 27.6**#	454.2 ± 30.8**#	73.2 ± 5.8**#
Menn (n=37)	12.0 ± 0.6	121.0 ± 6.4	397.7 ± 20.9	500.6 ± 24.7	79.6 ± 5.0
Kvinner (n=32)	13.3 ± 0.8§	144.5 ± 14.0§	335.2 ± 32.4§	451.4 ± 28.3§	74.4 ± 6.6§

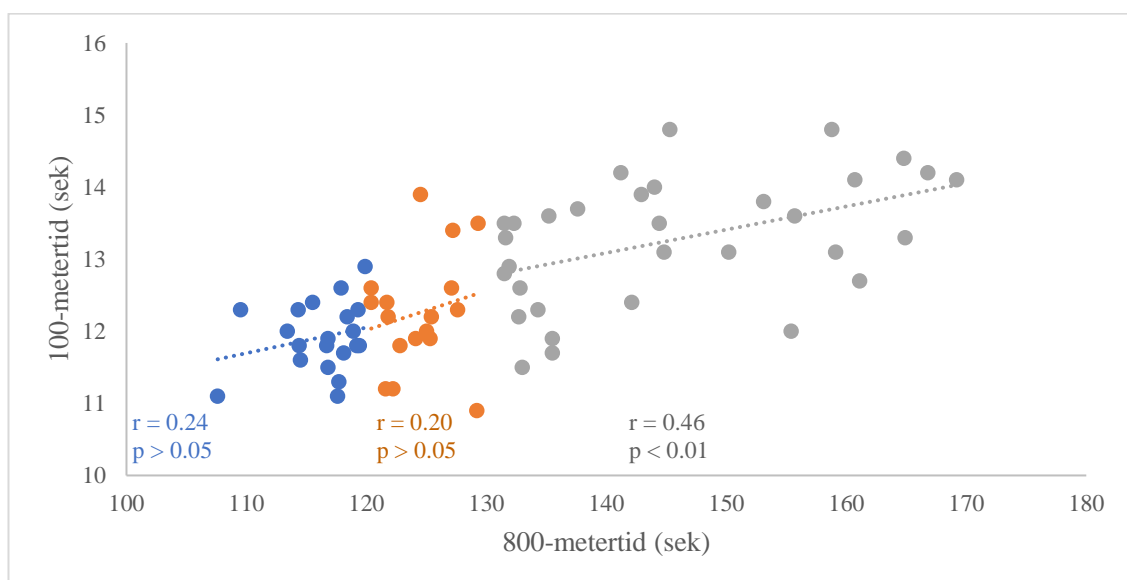
Verdier er oppgitt i gjennomsnitt ± standardavvik. 800-meterfart (m/min): gjennomsnittlig hastighet under 800-meter løping oppgitt i meter per minutt, MANS (m/min): maksimal anaerob hastighet oppgitt i meter per minutt, Est. MANS (%): estimert prosentandel av 800-meterløpet som ble løpt på maksimal anaerob hastighet oppgitt i prosent, nivå 1: løpere med 800-metertid på opptil 119.9 sekunder, nivå 2: løpere med 800-metertid mellom 120.0 og 129.9 sek, nivå 3: løpere med 800-metertid på over 130.0 sek. * signifikant svakere verdier enn for nivå 1 ($p < 0.05$). ** signifikant svakere verdier enn for nivå 1 ($p < 0.01$). # signifikant svakere verdier enn for nivå 2 ($p < 0.05$). § signifikant svakere verdier enn for menn ($p < 0.01$).

Figur 4 viser korrelasjonen mellom 100-metertid og 800-metertid hos de 69 løperne hentet fra NFIF sine resultatlister, hvor vi kan se at høyere 100-metertid har en sammenheng med høyere 800-metertid, med en p-verdi på < 0.01 . 100-metertid viser seg å kunne forklare 47 % av prestasjonen på 800-metertid ($r^2 = 0.47$) for disse løperne.



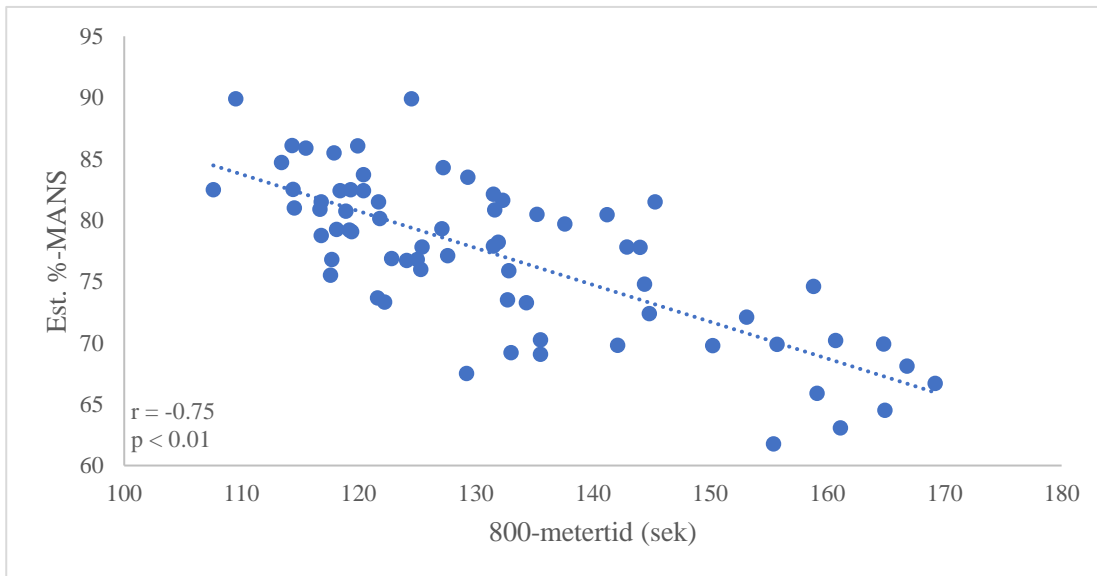
Figur 4: forholdet mellom 100-metertid og 800-metertid hos konkurranseløpere hentet fra NFIF sine offentlig tilgjengelige lister.

Figur 5 viser korrelasjonen mellom 100-metertid og 800-metertid hos de 69 løperne hentet fra NFIF sine resultatlister oppdelt etter nivå, hvor vi kan se at korrelasjonen mellom 100-metertiden og 800-metertiden ikke er signifikant hos nivå 1 og 2, men hos nivå 3, med en p-verdi på < 0.01 . Differanse i 100-metertid forklarer 6 % av 800-metertiden på nivå 1 ($r^2 = 0.06$), 4 % på nivå 2 ($r^2 = 0.04$), og 21 % på nivå 3 ($r^2 = 0.21$). Variasjonskoeffisienten på nivå 1 er 4.0 %, på nivå 2 er den 6.6 %, og på nivå 3 er den 6.6 %.



Figur 5: forholdet mellom 100-metertid og 800-metertid hos konkurranseløpere hentet fra NFIF sine offentlig tilgjengelige lister. Blå serie: nivå 1, oransje serie: nivå 2, grå serie: nivå 3.

Figur 6 viser korrelasjonen mellom estimert prosentandel MANS under 800-meter og 800-metertid hos de 69 løperne hentet fra NFIF sine resultatlister, hvor vi ser at høyere prosentandel MANS betyr lavere 800-metertid ($p < 0.01$). Est. %-MANS forklarer her 56 % av ulikhetene i 800-metertid ($r^2 = 0.56$).



Figur 6: forholdet mellom estimert prosentandel MANS under 800-meterløp og 800-metertid hos konkurranseløpere hentet fra NFIF sine offentlig tilgjengelige lister.

5 Diskusjon

Hovedfunnene i denne masteroppgaven er at både MAS og MANS har statistisk signifikant ($p < 0.01$) påvirkning på 800-meterprestasjon hos de 13 testede deltakerne. Legger man sammen r^2 -verdiene fra disse resultatene, får man at MAS og MANS til sammen forklarer 115 % av prestasjonen. Dette viser at det sannsynligvis er en viss overlapping mellom MAS og MANS.

«Variance inflation factor» (VIF) kan imidlertid brukes til å se på hvor stor eller problematisk en slik potensiell overlapping er. MAS og MANS viser seg å ha co-linearity med en VIF på 1.26 og tolerance på 0.79. På tross av at MAS og MANS forklarer mer enn 100 % av 800-metertiden, er ikke co-linearitet, altså overlapp, et stort problem, da indikatorer på co-linearity er VIF på over 2.5 og tolerance på mindre enn 0.1. Dette indikerer at med en så høy r^2 -verdi uten spesielt høy grad av co-linearity, så er det lite annet igjen som kan forklare 800-metertiden i tillegg til MAS og MANS.

Videre kan vi se at bedre 100-metertid hos de 69 løperne hentet fra NFIF sine resultatlistene også har en statistisk signifikant sammenheng ($p < 0.01$) med bedre 800-metertid. Når disse 69 løperne har blitt delt opp etter nivå, viser det seg derimot at bedre 100-metertid kun fører til bedre 800-metertid hos løperne på nivå 3, ikke på nivå 1 eller 2. Dette kan skyldes at hos løpere med gode 800-metertider (< 120 sekunder) er det andre faktorer som påvirker prestasjon i større grad enn kun sprinthastighet. Det kan også skyldes mer homogene 100-metertider hos de raskeste løperne i forhold til de på nivåene under, som kan ses gjennom variasjonskoeffisientene ved de forskjellige nivåene: 4.0 % på nivå 1, og 6.6 % på nivå 2 og 3.

De 13 deltakerne og de 69 NFIF-løperne viste seg å bruke relativt lik prosentandel av MANS under 800-meterløp, med henholdsvis $74.4 \% \pm 6.5$ og $77.2 \% \pm 6.3$. I tillegg har begge grupper relativt lik negativ korrelasjon ($r = -0.78$ og $r = -0.74$) mellom tid på 100-meter og 800-meter, hvor begge er statistisk signifikante ($p < 0.01$). Når vi deler de 69 løperne opp etter nivå, ser vi at det ikke er statistisk signifikant ($p < 0.01$) korrelasjon mellom estimert prosentandel MANS og 800-meterprestasjon innad i nivå 1 og nivå 2, men i nivå 3.

Både for de 13 deltakerne testet ved USN og de 69 NFIF-løperne viste det seg at de som presterte på de øverste nivåene på 800-meter også hadde best resultater på de andre målte variablene. Dette er ikke overraskende da de målte variablene er prestasjonsforklarende variabler, og inndeling etter nivå skjer nettopp på bakgrunn av

800-meterprestasjon. At det samme gjelder for menn i forhold til kvinner var heller ikke overraskende. Tidligere forskning har vist at menn både løpere raskere enn kvinner på 800-meter og 100-meter (Carroll, 2019) og har høyere VO_{2max} (Cureton, et al., 1986).

5.1 Betydning av MAS, MANS og ASR

Tar vi utgangspunkt i den estimerte prosentandelen MANS hos de 13 deltakerne, kan vi se at trenden viser at jo raskere 800-meter, jo høyere prosentandel MANS i forhold til MAS. Dette vil da si at deltakerne med best tid vil ha lavere prosentandel MAS, som forklarer tiden på 800-meteren. Med andre ord, jo tregere man løper, jo lengre tid bruker man, og jo mer avhengig er man av aerob energiomsetning. Dette gjenspeiles også i Gustin (2001) sin tabelloversikt, hvor prosentandelen aerob energiomsetning øker med gjennomføringstiden. Løpere med høyest MAS vil bruke kortere tid på distansen, og paradoksalt nok ha mindre andel MAS og større andel MANS enn løpere med lavere MAS og tregere 800-metertid. Altså går den relative prosentvise betydningen av MAS ned jo høyere MAS er. Da de 13 deltakerne og de 69 NFIF-løperne hadde relativt lik estimert prosentandel MANS, kan vi også gå ut fra at de 69 løperne vil ha tilnærmet lik prosentandel MAS, som vil si at det samme paradoksale konseptet gjelder for disse. Aller helst skulle de 69 ha gjennomgått de samme testene som de 13, for å lettere kunne trekke konklusjoner rundt tallene.

Anaerob sprintreserve (ASR) kan vi i denne sammenhengen regne som differansen i hastighet mellom MAS og MANS. Teoretisk vil da løpere med høyest MAS kunne løpe på størst andel av ASR i tillegg til sin egen MAS. Ergo vil løperen med den beste 800-metertiden også være løperen med både høyest MAS og MANS, eller, enda mer konkret, løperen med høyest MAS og størst ASR. Dette er i samsvar med hva Sandford, et al. (2019) konkluderer med.

5.2 Anaerob utholdenhet

Det vil være naturlig å anta at et løp som 800-meter vil sette store krav til anaerob utholdenhet, basert på tidsbruk (Medbø & Tabata, 1989; Gustin, 2001; Duffield, et al., 2005). Derimot, jo høyere MAS er, jo lavere 800-metertid vil man ha. Det samme kan sies om MANS. MAS synes altså å kunne bestemme utgangspunktet for hvor fort man løper, og dermed hvor mye MANS betyr. Det kan da stilles spørsmål rundt viktigheten av anaerob utholdenhet, og om det har noen betydning i det hele tatt, eller om variablene som tradisjonelt brukes til å forklare anaerob utholdenhet, altså evnen til høy ATP-produksjon på intensiteter høyere enn MAS (Stupnicki & Sienkiewicz-Dianzenza,

2004), i hovedsak blir ivaretatt av MAS og MANS. Med tanke på at MAS og MANS forklarer så å si hele 800-meterprestasjonen, kan det spekuleres i om dette er tilfellet. Det hadde derfor vært en idé å teste 800-meterløpere på samme relative intensitet over MAS, slik at man kunne sett nærmere på betydningen av anaerob utholdenhet på denne distansen. Eksempelvis kunne dette være tid til utmattelse ved 130 % av MAS. Dette ble ikke gjort i forbindelse med denne masteroppgaven.

5.3 Potensielt overlappende faktorer mellom MAS og MANS

Som nevnt, forklarer MAS og MANS til sammen 115 % av 800-meterprestasjonen, som vil si at det er enkelte overlappende faktorer som bidrar til denne umulige prosentverdien. Evnen til å lagre elastisk energi i musklene ved økt muskelstivhet og økning i RFD blir nevnt av Helgerud, et al. (2007) som en faktor som forbedrer C_r ved aerob utholdenhetsprestasjon – altså MAS. De samme faktorene blir nevnt av Maffiuletti, et al. (2016) som positive bidragsyttere til sprinthastighet, som da vil si MANS. Dessuten representerer MAS en intensitet tilsvarende 100 % av VO_{2max} (Støa, et al., 2020). Laktatterskel representerer som oftest en intensitet tilsvarende ca. 85 % av MAS (Støa, et al., 2020). Dette impliserer at det også er et ikke-ubetydelig anaerobt bidrag også ved MAS. Det er derfor ikke unaturlig å spekulere i om disse overlappende faktorene mellom MAS og MANS dekker det noe upresise begrepet anaerob utholdenhet.

5.4 Metodiske betraktninger

Antall testdeltakere ($n=13$) vil gi en viss effekt på hvordan tallene ser ut, da et såpass lavt antall kan føre til en såkalt statistisk type 2-feil. En type 2-feil fører til at man eventuelt feilaktig unnlater å forkaste en usann nullhypotese, altså at et funn feilaktig blir et ikke-funn. Aller helst burde flere deltakere blitt rekruttert (og gjerne høyere andel kvinner), slik at flere sammenligninger mellom grupper (som nivå, kjønn) kunne blitt gjort.

Testdeltakerne ble testet i 100-meter og 800-meter samme dag, hvor 100-meter ble gjennomført først, da det ble antatt at det ville gi mindre utslag på 800-metertesten enn vice versa. Derimot var det såpass kort pause mellom testene at det ikke kan utelukkes at den første testen påvirket den andre testen negativt, og at, optimalt sett, testene burde ha blitt gjennomført på forskjellige dager.

Da det ble hentet 100- og 800-metertider fra konkurranser hos noen av de 13 deltakerne, og noen deltakere som gjennomførte 100- og 800-metertesting ved USN sin

friidrettsbane, er det naturlig å tenke seg at det er ulikheter i framgangsmåten disse løpene ble gjennomført på. Ved konkurranseløp er det fort gjort å ikke gi mer enn det som trengs for å sikre den plasseringen man sikter seg inn på eller ligger an til å få, spesielt på 800-meter, avhengig av løpsutviklingen. Dette er spesielt tydelig hos en deltaker som gjennomførte 800-meter i konkurranse, men som viste seg å ha 100 % aerobt bidrag. Sannsynligvis har denne deltakeren da gjennomført et såkalt «lureløp», hvor det ikke var nødvendig å ta seg helt ut. Deltakerne som ble testet ved USN, derimot, ble instruert til å ta seg helt ut, slik at resultatene skulle bli så nøyaktige som mulig.

Tidtakingen som ble gjort under testingen har sine svakheter. Da elektronisk tidtakingssystem ikke var tilgjengelig, måtte den gjennomføres manuelt ved bruk av stoppeklokker, noe som gir rom for menneskelige feil. I tillegg fungerte ikke startpistolen som skulle brukes ved 100-metertesten, som betød at testen ble startet ved at en av testlederne stod bak deltakerne, og gav klarsignal både visuelt til tidtakerne som stod ved målstreken og verbalt til deltakerne samtidig for å minimere feilmargin. Dog gir det rom for små utslag i reaksjonstid, men har sannsynligvis minimal betydning.

Selv om alle deltakerne var aktive og i brukbar form i tiden rundt testingen, så var det flere som var uerfarne med hvordan å løpe 800-meter optimalt. Dette vil kunne bety at enkelte deltakere ikke hadde et veldig bra løpsopplegg, og enten tok seg ut for tidlig, eller ventet for lenge med en sluttspurt. At deltakerne alltid løp i heat for å simulere konkurranse kan, derimot, ha bidratt til å motvirke effekten av et dårlig løpsopplegg, men dette er kun spekulasjon. Om deltakerne hadde hatt mer erfaring med å løpe 800-meter fra før, kunne tidene blitt enda bedre og mer presise.

Både VO_{2max} - og C_r -testen ble gjennomført på samme dag, hvor C_r -testen ble gjennomført først, da C_r -testen er antatt å være mindre belastende enn VO_{2max} -testen. Med to C_r -drag og relativt kort pause mellom C_r -dragene og VO_{2max} -testen, kan det ha vært en viss påvirkning på tallene i VO_{2max} -testen. Optimalt sett burde disse testene også blitt gjennomført på forskjellige dager (og da helst VO_{2max} -testen først, slik at det ikke ble nødvendig å «helgardere» med to C_r -drag per deltaker), i likhet med 100- og 800-metertestene.

En svakhet ved studien er at de 69 NFIF-utøverne ikke testet VO_{2max} og C_r . Tallene hadde utvilsomt blitt sterkere om det hadde vært mulig å rekruttere alle disse løperne til testing. Derimot ble tallene til de 13 deltakerne mulig å sette i kontekst med tallene til

de 69 ved å hente resultatene fra NFIF-sidene. Dermed vil jeg si at det utvilsomt var positivt å inkludere tallene fra disse, på tross av mangelen på testing av MAS.

5.5 Praktiske implikasjoner

Resultatene i denne studien viser at de med størst tidsbruk på 800-meter også er de som har høyest prosentandel MAS. Om vi kun ser på fysiologiske faktorer, vil disse løperne dra mest nytte av å fokusere sin trening mer spesifikt inn mot å forbedre MAS, som altså vil si å øke VO_{2max} og bedre C_r . Høyintensiv aerob intervalltrening (15/15 og 4x4) viser seg å være en effektiv måte å forbedre VO_{2max} på (Helgerud, et al., 2007), spesifikt ved å forbedre slagvolumet til hjertet, da økning i slagvolum er nært knyttet til forbedring av VO_{2max} (Helgerud, et al., 2007; Basset & Howley, 2000). For eliteutøvere kan de samme prinsipper anbefales (Støren, et al., 2012; Bratland-Sanda, et al., 2020). En ytterligere effekt kan muligens oppnås ved høydetrening ved å øke antall røde blodceller og dermed mer hemoglobinnivået (Bassett & Howley, 2000). Forbedring av C_r kan oppnås ved å trene maksimal styrke (Støren, et al., 2008) og ved å løpe mer (Helgerud, et al., 2007), og da spesielt i konkurransespesifikke hastigheter (Saunders, et al., 2004).

Ser vi igjen på fysiologiske faktorer, vil det være hensiktsmessig for løperne som bruker minst tid på 800-meter, hvor MAS er mindre viktig enn hos løperne med størst 800-metertid, å få større ASR ved å forbedre MANS samtidig som man opprettholder MAS. MANS kan forbedres ved å generere mer kraft i hvert steg, ved en tidligere høy kraftutvikling, altså RFD, og ved økt evne til kraftutvikling ved høy bevegelseshastighet, altså effekt (Thompson, 2017; Maffiuletti, et al., 2016). Dette kan oppnås gjennom maksimal styrketrening og, eventuelt, spensttrening (Thompson, 2017; Maffiuletti, et al., 2016). Høyhastighets sprinttrening har også vist seg å være effektivt for å øke maksimal sprinthastighet (Haugen, et al., 2019), og synes å være avgjørende for å kunne utnytte eventuell økt evne til kraftutvikling i koordinerte løpsbevegelser (Blazevich & Jenkins, 1997).

6 Konklusjon

MAS og MANS ser til sammen ut til å kunne forklare hele tidsprestasjonen på 800-meter løp. MAS viser seg å ha størst relativ betydning for tidsprestasjonen hos løperne som bruker lengst tid, mens MANS har relativt større betydning hos de som løper raskest. Til tross for dette er det kun de som bruker lengst tid på 800-meter som har en signifikant korrelasjon mellom MANS og tidsprestasjon på 800-meter. Dette kan skyldes at de raskeste i gjennomsnitt løper 800-meter på en prosentvis høyere MANS.

Referanser

- Artioli, G., Bertuzzi, R., Roschel, H., Mends, S., Lancha jr., A., & Franchini, E. (2012, mars). Determining the Contribution of the Energy Systems During Exercise. *Journal of Visualized Experiments* (61). DOI: <https://doi.org/10.3791/3413>.
- Barrett-O'Keefe, Z., Helgerud, J., Wagner, P., & Richardson, R. (2012, desember). Maximal strength training and increased work efficiency: contribution from the trained muscle bed. *Journal of Applied Physiology* 113(2), ss. 1846-1851. DOI: <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00761.2012>.
- Bassett, D., & Howley, E. (2000, januar). Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32(1), ss. 70-84. DOI: <https://doi.org/10.1097/00005768-200001000-00012>.
- Bellenger, C., Fuller, J., Nelson, M., Hartland, M., Buckley, J., & DeBenedictis, T. (2015, desember). Predicting maximal aerobic speed through set distance time-trials. *European Journal of Applied Physiology* 115(12), ss. 2593-2598. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00421-015-3233-6>.
- Berthoin, S., Pelayo, P., Lensele-Corbeil, G., Robin, H., & Gerbeaux, M. (1996, oktober). Comparison of maximal aerobic speed as assessed with laboratory and field measurements in moderately trained subjects. *International Journal of Sports Medicine* 17(7), ss. 525-529. DOI: <https://doi.org/10.1055/s-2007-972889>.
- Blazevich, A., & Jenkins, D. (1997, januar). Physical Performance Differences Between Weight-Trained Sprinters and Weight Trainers. *Journal of Science and Medicine in Sport* 1(1), ss. 12-21. DOI: [https://doi.org/10.1016/s1440-2440\(98\)80004-2](https://doi.org/10.1016/s1440-2440(98)80004-2).
- Bosquet, L., Léger, L., & Legros, P. (2002). Methods to determine aerobic endurance. *Sports Medicine* 32(11), ss. 675-700. DOI: <https://doi.org/10.2165/00007256-200232110-00002>.
- Brandon, L. (1995, april). Physiological Factors Associated with Middle Distance Running Performance. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)* 19(4), ss. 268-277. DOI: <https://doi.org/10.2165/00007256-199519040-00004>.

- Bratland-Sanda, S., Pedersen, F., Haave, M., Helgerud, J., & Støren, Ø. (2020, mai). Large Inter-Individual Differences in Responses to a Block of High Intensity Aerobic Interval Training: A Case Series in National-level Cyclists and Triathletes. *International Journal of Exercise Science*, ss. 480-487. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32509110/>.
- Carroll, C. (2019, november). The Performance Gap in Sport Can Help Determine Which Movements Were Most Essential to Human Evolution. *Frontiers in Physiology* 10. DOI: <https://dx.doi.org/10.3389%2Fphys.2019.01412>.
- Cureton, K., Bishop, P., Hutchinson, P., Newland, H., Vickery, S., & Zwiren, L. (1986). Sex difference in maximal oxygen uptake. *European Journal of Applied Physiology* 54(6), ss. 656-660. DOI: <https://doi.org/10.1007/bf00943356>.
- di Prampero, P. (2003, august). Factors limiting maximal performance in humans. *European Journal of Applied Physiology* 90(3-4), ss. 420-429. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00421-003-0926-z>.
- di Prampero, P., Capelli, C., Pagliaro, P., Antonutto, G., Girardis, M., Zamparo, P., & Soule, R. (1993, mai). Energetics of best performances in middle-distance running. *The American Physiology Society* 74(5), ss. 2318-2324. DOI: <https://doi.org/10.1152/jappl.1993.74.5.2318>.
- Duffield, R., Dawson, B., & Goodman, C. (2005, mars). Energy system contribution to 400-metre and 800-metre track running. *Journal of sports sciences* 23(3), ss. 299-307. DOI: <https://doi.org/10.1080/02640410410001730043>.
- Flaherty, G., O'Connor, R., & Johnston, N. (2016, mai-juni). Altitude training for elite endurance athletes: A review for the travel medicine practitioner. *Travel Medicine and Infectious Disease* 14(3), ss. 200-211. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tmaid.2016.03.015>.
- Gastin, P. (2001). Energy system interaction and relative contribution during maximal exercise. *Sports Medicine* 31(10), ss. 725-741. DOI: <https://doi.org/10.2165/00007256-200131100-00003>.
- Green, S., & Dawson, B. (1993, mai). Measurement of anaerobic capacities in humans. Definitions, limitations and unsolved problems. *Sports Medicine (Auckland, NZ)* 15(5), ss. 312-327. DOI: <https://doi.org/10.2165/00007256-199315050-00003>.

- Haugen, T., Seiler, S., Sandbakk, Ø., & Tønnesen, E. (2019, november). The Training and Development of Elite Sprint Performance: an Integration of Scientific and Best Practice Literature. *Sports Medicine - Open* 5(1), ss. DOI: <https://dx.doi.org/10.1186%2Fs40798-019-0221-0>.
- Heisler, N. (2004, desember). Buffering and H⁺ ion dynamics in muscle tissues. *Respiratory Physiology & Neurobiology* 144(2-3), ss. 161-172. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resp.2004.06.019>.
- Helgerud, J., Høydal, K., Wang, E., Karlsen, T., Berg, P., Bjerkaas, M., . . . Hoff, J. (2007, april). Aerobic high-intensity intervals improve VO₂max more than moderate training. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 39(4), ss. 665-671. DOI: <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e3180304570>.
- Helgerud, J., Støren, Ø., & Hoff, J. (2010, april). Are there differences in running economy at different velocities for well-trained distance runners? *European Journal of Applied Physiology* 108(6), ss. 1099-1105. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00421-009-1218-z>.
- Hill, D., & Smith, J. (1993, mars). Gender difference in anaerobic capacity: role of aerobic contribution. *British journal of sports medicine* 27(1), ss. 45-48. DOI: <https://doi.org/10.1136/bjism.27.1.45>.
- Ingham, S., Whyte, G., Pedlar, C., Bailey, D., Dunman, N., & Nevill, A. (2008, februar). Determinants of 800-m and 1500-m running performance using allometric models. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 40(2), ss. 345-350. DOI: <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e31815a83dc>.
- IAAF. (u.d.). *World Athletics*. Hentet fra <https://www.worldathletics.org/records/all-time-toplists/middlelong/800-metres/outdoor/men/senior#senior-outdoor-middlelong>
- IAAF. (u.d.). *World Athletics*. Hentet fra <https://www.worldathletics.org/records/all-time-toplists/middlelong/800-metres/outdoor/women/senior#senior-outdoor-middlelong>
- Joyner, M., & Coyle, E. (2008, januar). Endurance exercise performance: the physiology of champions. *The Journal of Physiology* 586(1), ss. 35-44. DOI: <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2007.143834>.

- Maffiuletti, N., Aagaard, P., Blazevich, J., Folland, J., Tillin, N., & Duchateau, J. (2016, mars). Rate of force development: physiological and methodological considerations. *European Journal of Applied Physiology* 116(6), ss. 1091-1116. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00421-016-3346-6>.
- McArdle, W., Katch, F., & Katch, V. (2015). *Exercise Physiology - Nutrition, Energy, and Human Performance*. Baltimore: Wolters Kluwer Health.
- McCormick, A., Meijen, C., & Marcora, S. (2015, juli). Psychological Determinants of Whole-Body Endurance Performance. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)* 45(7), ss. 997-1015. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0319-6>.
- Medbø, J., & Tabata, I. (1989, november). Relative importance of aerobic and anaerobic energy release during short-lasting exhausting bicycle exercise. *Journal of applied physiology* 67(5), ss. 1881-1886. DOI: <https://doi.org/10.1152/jappl.1989.67.5.1881>.
- Medbø, J., Mohn, A., Tabata, I., Bahr, R., Vaage, O., & Sejersted, O. (1985, januar). Anaerobic capacity determined by maximal accumulated O₂ deficit. *Journal of applied physiology* 64(1), ss. 50-60. DOI: <https://doi.org/10.1152/jappl.1988.64.1.50>.
- Moxnes, J., Hausken, K., & Sandbakk, Ø. (2012, juli). On the kinetics of anaerobic power. *Theoretical Biology and Medical Modelling* 9(29), ss. DOI: <https://doi.org/10.1186/1742-4682-9-29>.
- Munch, G., Svendsen, J., Damsgaard, R., Secher, N., González-Alonso, J., & Mortensen, S. (2014, januar). Maximal heart rate does not limit cardiovascular capacity in healthy humans: insight from right atrial pacing during maximal exercise. *The Journal of physiology* 592(2), ss. 377-390. DOI: <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2013.262246>.
- Murphy, M., Patton, J., & Frederick, F. (1986, juli). Comparative anaerobic power of men and women. *Aviation, space and environmental medicine* 57(7), ss. 636-641. Hentet fra: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3741284>.
- Norges Friidrettsforbund. (u.d.). *NFIF*. Hentet fra <https://www.minfriidrettsstatistikk.info/php/LandsStatistikk>

- Pate, R., & Kriska, A. (1984, mars-april). Physiological Basis of the Sex Difference in Cardiorespiratory Endurance. *Sports Medicine 1(2)*, ss. 87-98. DOI: <https://doi.org/10.2165/00007256-198401020-00001>.
- Renoux, J., Petit, B., Billat, V., & Koraczstein, J. (2000, februar). Calculation of times to exhaustion at 100 and 120% maximal aerobic speed. *Ergonomics 43(2)*, ss. 160-166. DOI: <https://doi.org/10.1080/001401300184530>.
- Richardson, R., Grassi, B., Gavin, T., Haseler, L., Tagore, K., Roca, J., & Wagner, P. (1999, mars). Evidence of O₂ supply-dependent VO₂ max in the exercise-trained human quadriceps. *Journal of Applied Physiology 86(3)*, ss. 1048-1053. DOI: <https://doi.org/10.1152/jappl.1999.86.3.1048>.
- Rogatzki, M., Ferguson, B., Goodwin, M., & Gladden, L. (2015, februar). Lactate is always the end product of glycolysis. *Frontiers in Neuroscience 9(22)*. DOI: <https://doi.org/10.3389/fnins.2015.00022>.
- Sánchez-Muñoz, C., Muros, J., López-Belmonte, Ó., & Zabala, M. (2020, januar). Anthropometric Characteristics, Body Composition and Somatotype of Elite Male Young Runners. *International Journal of Environmental Research and Public Health 17(2)*, s. 674. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph17020674>.
- Sandford, G., Allen, S., Kilding, A., Ross, A., & Laursen, P. (2019, april). Anaerobic Speed Reserve: A Key Component of Elite Male 800-m Running. *International Journal of Sports Physiology and Performance 14(4)*, ss. 501-508. DOI: <https://doi.org/10.1123/ijsp.2018-0163>.
- Saunders, P., Pyne, D., Telford, R., & Hawley, J. (2004). Factors affecting running economy in trained distance runners. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.) 34(7)*, ss. 465-485. DOI: <https://doi.org/10.2165/00007256-200434070-00005>.
- Smith, J., & Hill, D. (1991, desember). Contribution of energy systems during a Wingate power test. *British Journal of Sports Medicine 25(4)*, ss. 196-199. DOI: <https://dx.doi.org/10.1136/bjmsm.25.4.196>.
- Stupnicki, R., & Sienkiewicz-Dianzenza, E. (2004). "Anaerobic Endurance" and its Assessment. *Journal of Human Kinetics 12*, ss. 109-116. https://www.researchgate.net/publication/242240940_Anaerobic_Endurance_and_its_Assessment.

- Støa, E., Helgerud, J., Rønnestad, B., Hansen, J., Ellefsen, S., & Støren, Ø. (2020, november). Factors Influencing Running Velocity at Lactate Threshold in Male and Female Runners at Different Levels of Performance. *Frontiers in Physiology 11*. DOI: <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.585267>.
- Støa, E., Støren, Ø., Enoksen, E., & Ingjer, F. (2010, mai). Percent utilization of VO₂max at 5-km competition velocity does not determine time performance at 5 km among elite distance runners. *Journal of Strength and Conditioning Research 24(5)*, ss. 1340-1345. DOI: <https://doi.org/10.1519/jsc.0b013e3181cc5f7b>.
- Støren, Ø. (2009, oktober). Running and cycling economy in athletes; determining factors, training interventions and testing. I *Doktoravhandling*. Trondheim: NTNU - Norges Tekniske Naturvitenskapelige Universitet.
- Støren, Ø., Bratland-Sanda, S., Haave, M., & Helgerud, J. (2012, oktober). Improved VO₂max and Time Trial Performance With More High Aerobic Intensity Interval Training and Reduced Training Volume: A Case Study on an Elite National Cyclist. *Journal of Strength and Conditioning 26(10)*, ss. 2705-2711. DOI: <https://doi.org/10.1519/jsc.0b013e318241deec>.
- Støren, Ø., Helgerud, J., Støa, E., & Hoff, J. (2008, juni). Maximal strength training improves running economy in distance runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise 40(6)*, ss. 1087-1092. DOI: <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e318168da2f>.
- Støren, Ø., Rønnestad, B., Sunde, A., Hansen, J., Ellefsen, S., & Helgerud, J. (2014, mars). A time-saving method to assess power output at lactate threshold in well-trained and elite cyclists. *Journal of Strength and Conditioning Research 28(3)*, ss. 622-629. DOI: <https://doi.org/10.1519/jsc.0b013e3182a73e70>.
- Thompson, M. (2017, januar). Physiological and Biomechanical Mechanisms of Distance Specific Human Running Performance. *Integrative and Comparative Biology 57(2)*, ss. 293-300. DOI: <https://doi.org/10.1093/icb/icx069>.
- Wagner, P. (1996, september). A theoretical analysis of factors determining VO₂max at sea level altitude. *Respiration Physiology 106*, ss. 329-343. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0034-5687\(96\)00086-2](https://doi.org/10.1016/s0034-5687(96)00086-2).

Zagatto, A., Miyagi, W., Sousa, F., & Gobatto, C. (2017, februar). Relationship between anaerobic capacity estimated using a single effort and 30-s tethered running outcomes. *PLoS One* 12(2). DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0172032>.

Vedlegg 1



Forespørsel om deltakelse i forskningsprosjekt

Studiets hensikt er å utprøve en formel for prestasjon på 800m løping.

Bakgrunn og hensikt

Dette er en forespørsel til deg om deltagelse i en forskningsstudie der hensikten er å utprøve en formel for prestasjon på 800m løping gjennom konkurranseresultater på 800m og 100m. Du vil også gjennomføre en VO_{2max} -test samt en arbeidsøkonomitest, hvor også disse resultatene benyttes i formelen. Det er Universitetet i Sørøst Norge (USN), avdeling Bø i Telemark, som er ansvarlig for gjennomføringen av studiet.

Hva innebærer studien?

Studien innebærer at vi trenger en konkurransetid på 800m og en konkurranse tid på 100m. 100m testen kan også gjennomføres i regi av studie ansvarlige, i heat sammen med andre deltagere. Du vil også gjennomføre en arbeidsøkonomitest (måling av oksygenopptak ved moderat intensitet), samt en VO_{2max} -test for å kartlegge maksimal aerob kapasitet. Alle testene vil kun gjennomføres 1 gang. Arbeidsøkonomi- og VO_{2max} testene utføres på samme dag på idrettsfysiologisk testlaboratorium ved Universitetet i Sørøst-Norge avd, Bø. Testene må gjennomføres innen en tidsramme på 6 mnd. før/etter de registrerte konkurransetidene på 800m og 100m.

Arbeidsøkonomi; etter ca 10 min oppvarming måles oksygenopptak i 5 min på moderat intensitet. Testen oppleves ikke som særlig anstrengende

Maksimalt oksygenopptak; en anstrengende men kortvarig test på mølle som varer maksimalt 10 min og hvor kun de to-tre siste minuttene av testen er anstrengende. Testen starter med moderat belastning, deretter økes hastigheten gradvis. Teststans er det vi kaller for "frivillig utmattelse". Det vil si at deltakeren avslutter når han ikke orker mer. Man kan når som helst avbryte testen ved ubehag utover det som normalt kjennes som "ordentlig sliten".

Mulige fordeler og ulemper

Du vil få oppgitt dine personlige testresultater, som kan være et verdifullt verktøy i ditt treningsarbeid. Vi vil også tilby en re-test ved en senere anledning om dette er ønskelig. Disse nye testresultatene vil da ikke bli benyttet i studien.

Hva skjer med prøvene og informasjonen om deg?

Informasjonen som registreres om deg skal kun brukes slik som beskrevet i hensikten med studien. Alle opplysningene vil bli behandlet uten navn og fødselsnummer eller andre direkte gjenkjenningse opplysninger. En kode (ID nummer) knytter deg til dine opplysninger og resultater. Dette betyr at opplysningene er aidentifisert. Det er kun

personell knyttet til prosjektet som har adgang til kobling mellom ID og navneliste. Det vil ikke være mulig å identifisere deg i resultatene av studien når disse publiseres.

Frivillig deltakelse

Det er frivillig å delta i studien. Du kan når som helst og uten å oppgi noen grunn trekke ditt samtykke til å delta i studien. Dersom du ønsker å delta, undertegner du samtykkeerklæringen på siste side. Om du nå sier ja til å delta, kan du senere trekke tilbake ditt samtykke uten at det får konsekvenser for deg. Dersom du senere ønsker å trekke deg eller har spørsmål til studien, kan du ta kontakt med en eller flere av kontaktpersonene nevnt nedenfor.

Retten til innsyn og sletting av opplysninger om deg og sletting av prøver

Hvis du sier ja til å delta i studien, har du rett til å få innsyn i hvilke opplysninger som er registrert om deg. Du har videre rett til å få korrigert eventuelle feil i de opplysningene vi har registrert. Dersom du trekker deg fra studien, kan du kreve å få slettet innsamlede prøver og opplysninger, med mindre opplysningene allerede er inngått i analyser eller brukt i vitenskapelige publikasjoner.

Informasjon om utfallet av studien

Resultatene av studien vil bli søkt publisert. Deltakerne i studien vil først få tilgang til resultatene av studien i sin helhet når disse er levert i form av master- og/eller bacheloroppgave eller eventuelt i en publisert studie.

Kontaktpersoner

Ved spørsmål ang gjennomføringen av testingen og registrering:

Masterstudent Ole Morten Thomesen, tlf 95288839, e-mail olemthom@gmail.com

Masterstudent Mimmi Charlotte Kvam, tlf 95492145, e-mail mimmi.charlotte@hotmail.com

Førsteamanuensis Eva Maria Støa (prosjektleder), tlf 41632015 e-mail eva.m.stoa@usn.no

Førsteamanuensis Øyvind Støren, tlf 96045270, e-mail oyvind.storen@usn.no

Samtykke til deltakelse i studien «formel for prestasjon på 800m løp».

Jeg er villig til å delta i studien

(Signert av prosjektdeltaker, dato)

Jeg bekrefter å ha gitt informasjon om studien

(Signert, rolle i studien, dato)

