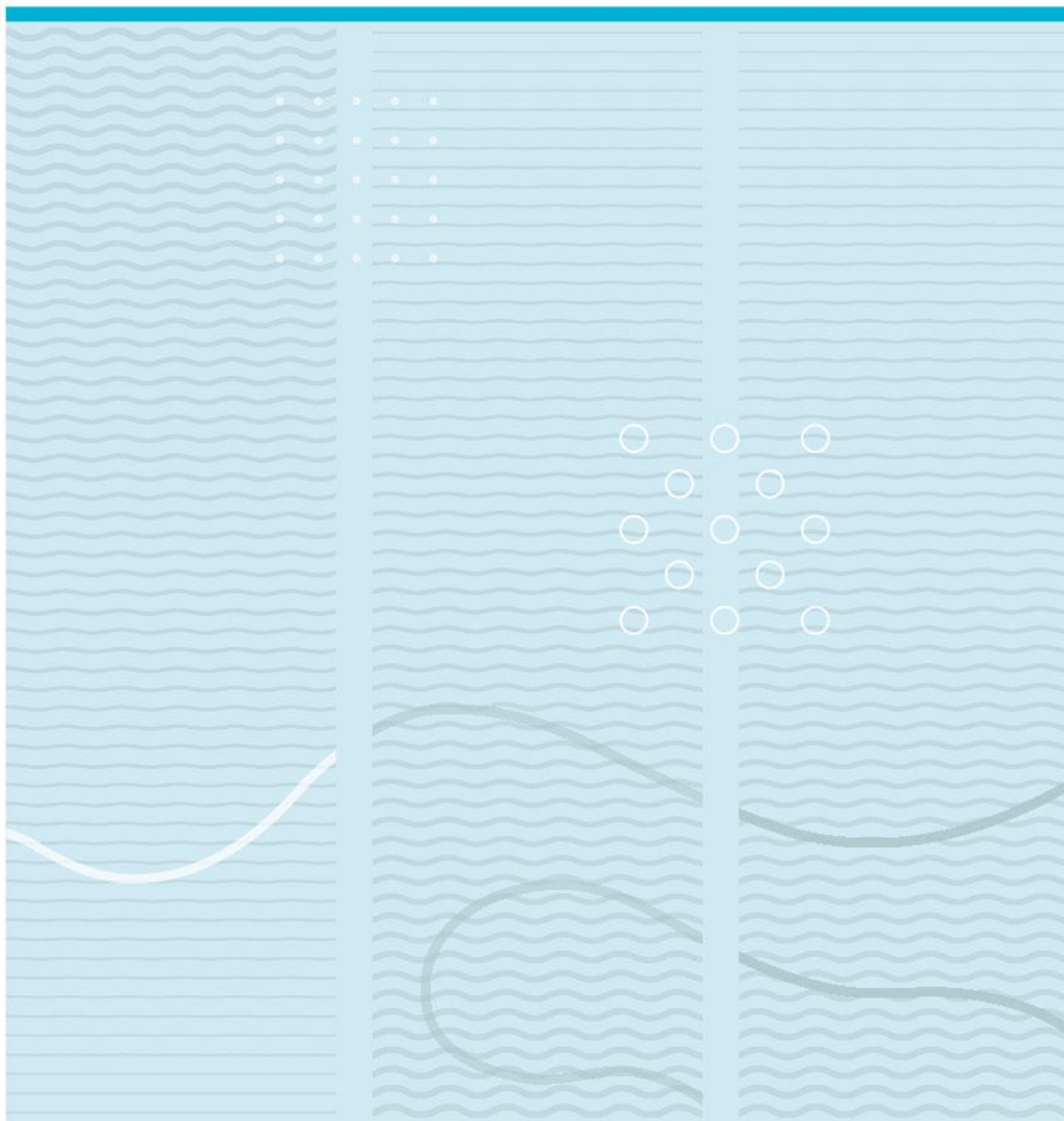


Mimmi Charlotte Kvam

Hvor stor er betydningen av henholdsvis maksimal aerob og maksimal anaerob hastighet for tidsprestasjon i 800m løp



Universitetet i Sørøst-Norge
Fakultet for humaniora, idretts- og utdanningsvitenskap
Institutt for idretts- og friluftslivsfag
Postboks 235
3603 Kongsberg

<http://www.usn.no>

© 2020 Mimmi Charlotte Kvam

Denne avhandlingen representerer 60 studiepoeng

Sammendrag

Formål: Formålet med denne studien var å undersøke betydningen av maksimal aerob hastighet (MAS) og maksimal anaerob hastighet (MANS) for 800m løp, og om det er en forskjell i relativ betydning av MAS og MANS ved ulik tidsprestasjon. Hypotesen var at en fordeling av 60% MAS og 40% MANS ville gi en best predikert tid på 800m løp.

Metode: Totalt 13 deltakere, (kvinner (n=2) og menn (n=11)) over 18 år deltok i studien. Fem av deltagerne var aktive 800m løpere og åtte deltagere var aktive studenter. Deltagerne ble testet i maksimalt oksygenopptak (VO_{2max}), arbeidsøkonomi (C_r), 100meter løp og 800meter løp.

Resultat: Gjennomsnittlig fordeling var 74% MAS og 26% MANS ($r=0.834$) på 800m løp. Hypotesen om en 60% MAS og 40% MANS fordeling korrelerte bedre ($r=8.859$) med faktisk løpstid enn gjennomsnittsfordelingen. Det viste seg imidlertid at tidsprestasjon hadde betydning for fordelingen av MAS og MANS. Deltagerne under 2min25sek (n=4) hadde en fordeling på 61% MAS og 39% MANS, mens fordelingen for de deltagerne over 2min25sek (n=9) ble 81% MAS og 19% MANS.

Konklusjon: Betydningen av MAS og MANS varierte mellom nivået til deltagerne. Deltagerne med bedre prestasjon har en høyere MAS, men en høyere prosentandel MANS.

Forord

Jeg vil med dette takk for muligheten jeg fikk til å være en del av et større forskningsarbeid i regi av Eva Maria Støa, som på sikt skal arbeides videre med og kunne bli et god treningsverktøy for friidrettsutøvere og trenere. Jeg vil takke deltagerne som har deltatt i studien og gitt grunnlaget for min mastergradsavhandling.

Arbeidet med denne oppgaven har vært krevende, men også veldig lærerikt og spennende. Det var en stor tillitserklæring å få tilbud om deltagelse i et større prosjekt og det har vært interessant å få et innblikk i samarbeidet mellom ulike institusjoner og forskere.

Takk til Kjetil Larsen for gjennomlesing og kommentarer som har vært til hjelp for å ferdigstille oppgaven.

Jeg ønsker tilslutt å takke min hovedveileder Øyvind Støren og biveileder Eva Maria Støa for god veiledning gjennom en lang prosess. Og for positive ord i utfordrende og frustrerende stunder.

Bø i Telemark, 03.04.2020

Mimmi Charlotte Kvam

Innholdsfortegnelse

Sammendrag	3
Forord.....	4
1.0 Introduksjon	7
1.1 Problemstilling	7
2.0 Teori	8
2.1 800 meter løp	8
2.2 Hva begrenser prestasjon på 800m løp?	8
2.3. Energiomsetningen ved 800m løp.....	10
2.4 Maksimal aerob hastighet	12
2.5 Maksimal anaerob hastighet	12
2.6 VO _{2max}	13
2.6 Løpsøkonomi.....	16
2.7 Hva begrenser maksimal løpshastighet.....	18
Maksimal kraftutvikling.....	18
Biomekaniske forhold	20
3.0 Metode	20
3.1 Deltagere.....	20
3.2 Utstyr	22
3.3 Utregningsformler og benevnelser	22
3.4 Test protokoll	23
3.4.1 VO _{2max} og Cr.....	23
3.4.2 100m og 800m	24
3.5 Inklusjon og eksklusjon	24
4.0 Resultater	24
5.0 Diskusjon.....	29
5.1 Hovedfunn.....	29

5.2 Relativ fordeling av MAS og MANS	30
5.3 Relativ betydning av MAS og MANS på prestasjons forskjeller	31
5.4 Styrker og svakheter	32
5.5 Praktiske implikasjoner	33
6.0 Videre forskning	33
7.0 Konklusjon	33
8.0 Litteratur.....	34
Vedlegg 1.....	39
Vedlegg 2	41

1.0 Introduksjon

1.1 Problemstilling

Mellomdistansen 800m løp i friidrett er en distanse som krever maksimal innsats i fra 1.40 min (verdensrekord for menn) til i overkant av 3 min (mosjonistnivå). Ifølge Medbø og Tabata (1989) vil fordelingen av aerob og anaerob energiomsetning ved maksimalt arbeid ligge på 50-50% etter ca ett minutt arbeid. Implisitt betyr dette store krav til både maksimal anaerob hastighet (sprinting ability), MANS og maksimale aerob hastighet, MAS. Det er store metodiske utfordringer ved å måle størrelsen på anaerob energiomsetning. Ifølge Medbø og Burgers (1990) kan denne måles som «maximal accumulated O₂ deficit», noe som krever tredemølletesting i konkurransefart over konkurransetid, med kontinuerlig måling av oksygenopptak (VO₂). Dette kan ofte føles skummelt for forsøkspersonene da de vil være helt på grensen av å kunne holde følge med tredemøllen i lengre tid, og det vil derfor også kunne være vanskelig å få nøyaktige målinger. I stedet for å måle evnen energiomsetningen direkte, kan man i stedet tenke seg at man indirekte måler denne evnen ved å fokusere på maksimal aerob hastighet (MAS) og maksimal anaerob hastighet (MANS).

MAS kan regnes ut fra maksimal oksygenopptak (VO_{2max}) / oksygenkostnaden ved løp (C_r) hvor produktet blir en hastighet, per meter per minutt (Støren et al., 2008, 2014; Støren 2009; Støa et al., 2017). For å komme frem til MAS trengs en VO_{2max} test og en C_r test. Disse testene kan begge gjennomføres på tredemølle og oppleves av deltagerne som mye mindre skummelt.

MANS kan som enhver annen hastighet også uttrykkes i meter per minutt, og beregnes ut ifra gjennomsnittshastigheten på en 100m sprint. Arbeid på <20 sekunder vil gi et tilnærmet 100% anaerobt energibidrag (Medbø & Tabata, 1989) og vi kan derfor tenke oss til at en 100meter sprint med maksimal innsats vil kunne gi oss et mål på MANS.

Det er tidligere gjennomført flere studier for å predikere 800meter tid. Studier viser naturlig nok at det både er stort aerobt og et stort anaerobt bidrag når en 800meter gjennomføres maksimalt, som konkurranse (Enoksen & Tønnessen, 2000; Enoksen et al., 2011; Sandford et al., 2018a; Trowell et al., 2019). Nasjonale resultater fra seniorklassen sesongen 2019 viser til bestetid for men på 1.45.10 og beste tid for kvinner på 2.00.53 (Norges Friidrettsforbund, 2019). Det er derfor tenkelig at fordelingen til Medbø og Tabata (1989) ved en arbeidstid på 1min og 50 sek gir et relativt aerobt bidrag på 60% og et relativt anaerobt bidrag på 40% i

gjennomsnittlig fordeling. Gitt at fordelingen til Medbø og Tabata (1989) stemmer ville formelen $0.6 \cdot MAS + 0.4 \cdot MANS$ gitt en korrekt predikert tid på 800m.

Hovedproblemstillingen i denne masteroppgaven var derfor:

Hvor stor er betydningen av henholdsvis maksimal aerob og maksimal anaerob hastighet for tidsprestasjon i 800m løp?

Med følgende underproblemstilling:

Er det forskjell i den relative betydningen av MAS og MANS ved ulik tidsprestasjon i 800m løp?

Dersom 800m konkurransetid lar seg predikere med tilfredsstillende grad av nøyaktighet basert på MAS og MANS, vil dette kunne være et godt verktøy i test og treningsarbeid for mellomdistanseløpere.

2.0 Teori

2.1 800 meter løp

Friidrett er en fellesnevner for veldig mange ulike idretter. Denne oppgaven vil se nærmere på en av de største idrettene, løping. I 2015 deltok 17.1 millioner i ulike løpsøvelser i USA, samme året deltok 10.5 millioner i løp gjennomført i Storbritannia (Thompson, 2017).

Løpsøvelser gjennomføres på ulike underlag (bane, vei, sti og fjell) og i ulike distanser alt fra 60 meter til 10000 meter eller mer (Thompson, 2017). For å lettere kunne skille de ulike distansene har International Association of Athletics Federations (IAAF) definert distansene: sprint (60-400m), mellomdistanse (800-3000m), langdistanse (5000m – maraton (42195m)), ultra maraton (> maraton) (Thompson, 2017; Trowell et al., 2019). Hensikten med alle løpsøvelser er å kunne gjennomføre på kortest mulig tid, eller krysse en mållinje først når distansen gjennomføres sammen med flere (Thompson, 2017). For en profesjonell mellomdistanseløper vil løpene vare fra 1,40 til 9 minutter (Trowell et al., 2019).

2.2 Hva begrenser prestasjon på 800m løp?

Det er enighet om at aerobe utholdenhetsvariabler kan begrense og påvirke en 800m prestasjon, som laktatterskel (den høyeste belastningen som ikke overstiger laktateliminasjonen (Raastad et al., 2010), VO_{2max} og arbeidsøkonomi (Enoksen &

Tønnessen, 2000; Enoksen et al., 2011; Anderson, 2013; Thompson, 2017; Trowell et al., 2019). I tillegg vil denne studien ta for seg sprinthastighet som en mulig begrensende faktor for 800m prestasjon (Anderson, 2013; Blagrove et al., 2018).

Laktatterskel blir en bestemmende faktor i forhold til hvor høy fart utøveren kan ha før H⁺ ioner og laktat vil hope seg opp i muskulaturen og skape et surt miljø og dermed gjøre tverrbrodanning svært utfordrende (Sand et al., 2014; Kenney et al., 2015). I denne sammenheng er det viktig og merke seg at et 800m-løp gjerne gjennomføres på 150-180% av LT hastighet, basert på at LT gjennomsnittlig ligger på ca 85% av VO_{2max} hos løpere (Støren 2009). VO_{2max} på sin side setter øvre begrensninger for hastigheten på aerob energiomsetning (Kenney et al., 2015). Arbeidsøkonomien til en utøver vil gi utøvere med god økonomi et fortrinn fremfor andre utøvere med en høyere omsetning av O₂ på en gitt fart. Lav O₂ kostnad vil si at utøverene kan arbeide med mindre innsats på lik hastighet, eller på en høyere hastighet med samme energiforbruk (Morgan & Craib, 1992; Basset & Howley, 2000; Enoksen & Tønnessen, 2000; Saunders et al., 2004).

Prestasjoner på <60 sekunder er ofte mer begrenset av mekaniske og nevromuskulære faktorer (Sandford et al., 2018b) i tillegg til hastigheten på den anaerobe energiomsetningen (Medbø & Tabata 1989). Disse faktorene vil påvirke en 800m i begynnelsen av løpet der det arbeides med maksimal kraftutvikling for å raskest mulig komme opp i hastighet samtidig som det vil påvirke i hvor stor grad man kan overstige MAS gjennom løpet. Det er flere måter å måle løpshastigheten på, men den blir ofte målt som spinthastighet på 100m eller kortere (Sandford et al., 2018b). Sprinthastigheten kan vi kalle for utøverens maksimale anaerobe hastighet. I denne oppgaven blir VO_{2max}, arbeidsøkonomi, maksimal aerob hastighet og maksimal anaerob hastighet benyttet til å predikere prestasjon på 800m, men vi vet også at det er flere faktorer som kan spille inn på prestasjonen. Anaerob utholdenhet, eller evnen til å motstå muskulær tretthet ved samtidig opphopning av H⁺ ioner er en viktig egenskap i mellomdistanse (Wilmore et al., 2008). Denne egenskapen setter samtidig store krav til bufferkapasitet, nemlig evnen til å kvitte seg med H⁺ gjennom bufring ved hjelp av bikarbonat (HCO₃⁻) (Kenney et al., 2015). Via karbonsyre (H₂CO₃), vil man da stå igjen med CO₂ og H₂O, som først og fremst avgis gjennom utåndingen (Kenney et al., 2015). Dette setter igjen store krav til hastigheten på sirkulasjonssystemet og respirasjonssystemet (Kenney et al., 2015). Det er også ytre faktorer som kan spille inn på en 800m da det er en utendørsidrett og vær og vind kan ha stor betydning. Tjelta (2019) viser videre til flere faktorer som kan være

avgjørende for prestasjonen, som høy selvtilit, stor støtte fra familien og trenere, gode gener, systematisk arbeid, dedikasjon, et godt treningsmiljø bestående av flere utøvere på likt nivå og erfaringer fra flere idretter som barn (Tjelta, 2019).

2.3. Energiomsetningen ved 800m løp

I løpet av et 800m løp benyttes altså både anaerobe og aerobe energisystemer i stor grad (Enoksen & Tønnessen, 2000; Enoksen et al., 2011; Trowell et al., 2019; Sandford et al., 2019a). Varigheten av en 800m tyder på at det er aerobe energisystemer som står for den største prosentandelen av energiomsetningen (Basset & Howley, 2000; Enoksen et al., 2011; Blagrove et al., 2019)

Anaerob energiomsetning kjennetegnes ved produksjon av ATP ved energi fra spalting av CrP og glukose, uten oksidativ fosforylering. Den aerobe energifrigjøringen avsluttes ved oksidativ fosforylering i cellenes mitokondrie, og krever derfor tilgang til oksygen (McArdle et al., 2015). Mengden ATP som resyntetiseres per tidsenhet bestemmes av tilgjengeligheten på energisubstrater, hvor fort disse kan brytes ned for å frigjøre energi og tilgangen på oksygen ved aerob energiomsetning (McArdle et al., 2015). ATP benyttes i muskelkontraksjon i hver tverrbrosyklus hvor energi frigjøres ved at ATP spaltes til ADP og P. Derfor må ATP kontinuerlig gjendannes ved gjentakende muskelarbeid (McArdle et al., 2015).

En undersøkelse fra 1989 gjort av Medbø og Tabata, viser bidraget av aerob og anaerob energifrigjøring på et maksimalt arbeid på sykkel med varighet fra 30 sekunder til 3 minutter. Det viste seg at det aerobe bidraget økte linjert med lengden på det maksimale arbeidet. Ved et arbeid på 30 sekunder var det aerobe bidraget 40%, videre økte bidraget til 50% ved 1 minutt arbeid og fortsatte økningen til 65% bidrag når arbeidet varte i 2 minutter. Vi ser da at jo lenger et maksimalt arbeid varer, desto mer aerobt energibidrag trengs. Alt maksimalt arbeid som varer >1 minutt krever et høyere aerobt enn anaerobt energibidrag. Ut fra dette vil vi kunne tenke oss til at ved maksimal innsats i 1 minutt og 50 sekunder vil vi få en 60% aerob og 40% anaerob energifordeling.

Duffield et al (2005) undersøkte om estimater på prestasjon og fordeling av aerob og anaerob energiomsetning fra tidligere studier gjort på løping på tredemølle samsvarte med målinger fra løp gjennomført på en løpebane. Det viste seg at resultatene som ble hentet inn på løpebane samsvarte godt med disse tallene, og også med resultatene til Medbø og Tabata

(1985) med henholdsvis en fordeling på 60/40 prosentbidrag for menn og 70/30 prosentvisbidrag for kvinner for 800m løp. Dette er like tall som Hill (1999) beskriver, der fordelingen er 65% aerobt og 35% anaerobt (Hill, 1999). Men det er store variasjoner i fordelingen av aerob og anaerob energiomsetning på 800m løp mellom enkeltindivider. Faktisk fant Hill (1999) variasjoner i relativt aerobt bidrag fra 19 til 65%. Det kan se ut til at menn har en høyere andel av anaerobt bidrag enn kvinner (Hill, 1999), noe som i hvert fall delvis kan tilskrives kjønnsforskjell i konkurransetid.

Tabell 1 viser en oversikt over tidligere studier som har sett på aerobt og anaerobt energibidrag og fordelingen av energibidragene, basert på en oversikt fra Duffield et al (2005). Tar vi gjennomsnittet av energibidraget i de ulike artiklene vil fordelingen bli 65% aerob og 35% anaerobt.

Dette samsvarer med estimeringen Duffield et al gjorde i 2005, der de estimerte et anaerobt energibidrag på 27-42% på en 800m og resterende aerobt bidrag.

Tabell 1 Fordeling av aerob og anaerobt bidrag på 800m baneløp fra tidligere studier

Studier	Aerobt energibidrag (%)	Anaerobt energibidrag (%)	Gj.snitt tidsbruk på 800m (min,sek)
Craig og Morgan (1989)	73	27	2,02
Lacour et al., (1990)	59	41	M: 1,43 K: 1,59
Weyand et al., (1993)	71	29	IO
Hill (1999)	M: 61 K: 67	M: 39 K: 33	M: 2,00 K: 2,25
Spencer og Gastin (2001)	66	34	1,50
Duffield et al., (2005)	M: 60 K: 70	M: 40 K: 30	M: 2,06 K: 2,31

M, mann. K, kvinne. Gj.snitt, gjennomsnitt. IO, ikke oppgitt. Delvis hentet fra Duffield et al., 2005 s. 300.

2.4 Maksimal aerob hastighet

Maksimal aerob hastighet (MAS) sier noe om den laveste kontinuerlige farten en utøver kan ha for å oppnå VO_{2max} (Støren 2008; Støren et al 2009; Sundet et al., 2010), og da samtidig den høyeste hastigheten med fortsatt økende aerob energiomsetning. MAS beregnes ut fra utøverens VO_{2max} og C_r ($MAS = VO_{2max} / C_r$) (Morgan , Baldini , Martin , & Kohrt , 1989; Støren 2008). MAS blir her oppgitt som meter per minutt. MAS har vist god korrelasjon til løpshastighet for distanser >800m som varer 3-9 minutter (Lacour et al., 1990; Støren et al., 2009). Teoretisk vil det være slik at jo høyere prosentdel MAS utgjør av gjennomsnittlig konkurransefart på 800m, jo større andel av løpet vil foregå med aerob energiomsetning.

2.5 Maksimal anaerob hastighet

For en 800m løper vil den maksimale hastigheten i løpet bli nådd i løpet av de første 200m. Dette setter store krav til det nevro-muskulære og det anaerobe energisystemet for å kunne øke og opprettholde den maksimale farten lengst mulig (Blagrove et al., 2018). MANS lar seg enkelt måle ved å ta tiden på en distanse som er lang nok til at toppfart oppnås, men samtidig kort nok til at løperen ikke er avhengig av aerob energiomsetning for redanning av ATP underveis. Det finnes imidlertid ikke en enkelt standardisert metode for å måle en utøvers anaerobe kapasitet, metodene som er mest brukt er MAOD (maksimal akkumulert oksygen underskudd), WAnT (Wingate test), MART (maksimal anaerob løpstest), vertikal hopptest med gjentakende hopp (Zagatto et al., 2009). Også testen RAST (10 repetisjoner av en 35m sprint med en pause på 10 sekunder mellom hver sprint) har blitt brukt for å teste anaerob kapasitet og power.

Det laktiske anaerobe energisystemet bestemmes av musklens evne til å produsere og akkumulere melkesyre, som blir produsert under nedbrytningen av glykogen anaerobt (Feretti et al., 2011). Det alaktiske anaerobe energisystemet produserer ikke melkesyre, men kan kun benyttes i et maksimalt arbeid på få (8-15) sekunder. Avhengig av tidsprestasjon vil derfor 100m sprint være avhengig av en kombinasjon av alaktisk og laktisk energiomsetning (Feretti et al., 2011). I denne studien er det på grunnlag av bla. Zagato et al (2009) vurdert at sprints hastighet med maksimal innsats målt over 100m vil gi en god indikasjon på utøverens maksimale anaerobe hastighet (MANS).

2.6 VO_{2max}

VO_{2max} er en variabel som kan si noe om den aerobe utholdenheten til en utøver. VO_{2max} er den maksimale evnen en utøver har til å ta opp og omsette oksygen per tidsenhet (Basset & Howley, 2000; Åstand et al 2003; McArdle et al 2015). Mer presist defineres VO_{2max} av Wagner (1996) som *minuttvolum gange a-v-O₂ differanse*. Oksygenopptaket kan uttrykkes som enten absolutte verdier ($l \cdot \text{min}^{-1}$), relativt til full kroppsvekt ($\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$), eller relativt til allometrisk skalert kroppsvekt ($\text{ml} \cdot \text{kg}^{-0,75} \cdot \text{min}^{-1}$) (Helgerud et al 2007; Støren et al 2008; Støren et al 2017).

VO_{2max} er en av de viktigste faktorene for en prestasjon etter som lengden på distansene øker, men kan være relativt homogen hos eliteutøvere og korrelasjoner mot prestasjon kan derfor synes mindre enn det den reelle betydningen skulle tilsi hos godt trente mellomdistanse- og langdistanseløpere (Thompson, 2017).

Bestemmende faktorer for VO_{2max}

Basset & Howley (2000) oppgir fire hovedbegrensende faktorer knyttet til VO_{2max} . Første faktor er at det faktisk finnes noe som er VO_{2max} , vi kan finne et tall på det (Basset & Howley, 2000). Den andre faktoren er at VO_{2max} er individuelt begrenset og kan variere fra person til person (Basset & Howley, 2000). Den tredje er at en høy VO_{2max} er en avgjørende faktor for prestasjon for mellom- og langdistanseløping. Fjerde faktor er at VO_{2max} begrenses av det ergospirometriske og det sirkulatoriske systemets evne til å transportere O_2 ut til musklene, samt av musklens evne til å ekstrahere og forbruke oksygenet (Basset & Howley, 2000).

Ulikt arbeid krever ulik O_2 tilgjengelighet og det er forskjell på arbeid i isolerte muskelgrupper og muskelarbeid som inkluderer store deler av skjelettmuskulaturen i hele kroppen (hellkroppsarbeid) (Basset & Howley, 2000). Jo flere og større muskelgrupper i arbeid, jo større begrensning fra det sirkulatoriske systemet (supply), og jo mindre og færre muskelgrupper, jo større begrensning knyttet til ekstrasjon og forbruk i muskelen (demand) (Wagner 1996).

Supply

Hjertets minuttvolum

Minuttvolumet(MV) er et produkt av slagvolum(SV) og hjertefrekvens(HF) (McArdle, Katch, & Katch, 2015). SV og HF øker linjert ved økt intensitet, opp til ca 40% VO_{2max} . Fra 40% og oppover vil HF øke raskere enn SV, men også SV vil øke helt opp mot 100% VO_{2max} hos godt trente (Zhou, et al., 2001). Ved et stort muskelarbeid kan MV begrense VO_{2max} med så mye som 70-75% (di Prampero , 2003).

HF er individuell og er i hovedsak medfødt, det er liten eller ingen effekt av trening (Basset & Howley, 2000). HF vil normal ligge på 35-75 slag per minutt i hvile og 160-220 slag per minutt i aktivitet (Tjelta & Enoksen , 2013). SV derimot har vist seg godt trenbar og regnes også som den faktoren som begrenser VO_{2max} mest (Basset & Howley, 2000; McArdle et al., 2015). I 2007 undersøkte Helgerud et al. effekten av høyintensiv aerob intervalltrening gjennom 3 dager med trening i uken i 8 uker. Dette resulterte i en gjennomsnittlig økning av VO_{2max} på 7,2%. Helgerud et al., (2007) så også på SV hos sine deltagere og fant en økning i SV på 12,5%. Dette funnet kan være med på å understreke effekten av økt slagvolum på VO_{2max} ved helkroppsarbeid.

Minuttvolumet kan variere stort mellom trente personer og utrente personer. Det er målt et minuttvolum så høyt som 40L/min hos godt trente langrenns utøvere (Sandbakk & Holmberg, 2017), mens det hos utrente personer gjennomsnittlig er et minuttvolum på 20-25 L/min (Zhou, et al., 2001).

Blodets transportkapasitet av oksygen

Det er i hovedsak fire faktorer som begrenser transportkapasiteten (supply), mengde blod, hemoglobinkonsentrasjonen, diffusjonskapasitet fra lunge til blod og diffusjonskapasiteten fra blod til muskelcelle (Wilmore et al., 2008).

Nesten 8% av kroppsvekten vår er blod (Sherwood, 2013), men det er store individuelle forskjeller (McArdle et al., 2015). Godt trente personer kan ha opptil 35% mer blod enn en utrent person og dette gir store forskjeller i blodets kapasitet (McArdle et al., 2015). Blodet består i all hovedsak av 3 type celler: erytrocytter, leukocytter og trombocyter, samt væske.

Erytrocytter er den eneste cellen som inneholder molekylet hemoglobin som kan frakte O_2 (Sherwood, 2013). Menn har 5-10% mer hemoglobin i kroppen enn det kvinner har (McArdle et al., 2015) og vi i kan derfor tenke oss til at dette kan være en av grunnene til at menn har høyere VO_{2max} enn kvinner. Hvert hemoglobin kan transportere fire O_2 molekyler og hver

erytrocytt kan inneholde 250 millioner hemoglobin molekyler, det vil da gi hver erytrocytt muligheten til å frakte over 1 milliard O₂ molekyler (Sherwood, 2013). O₂ metningen (SaO₂) i blodet er derfor sjeldent et problem. På havnivå ligger metningen på opptil 98% og under maksimal anstrengelse ligger metningen fremdeles på opp mot 95% (Basset & Howley, 2000; McArdle et al., 2015) hos friske.

Diffusjon av O₂ til og fra blodet blir påvirket av kapillariseringen i lunge og i muskelcelle. Diffusjonen fra lunge til blod er det første som skjer i transportkjeden. Her blir O₂ diffundert fra lungealveolene over i blodet. Tiden dette tar kalles transittid og denne tiden påvirkes av størrelsen på området for diffusjon og antall kapillærer (Basset & Howley, 2000). For godt trente utøvere med et høyt minuttvolum der mye blod skal passere området for diffusjon kan transittiden bli påvirket og SaO₂ kan påvirkes (Basset & Howley, 2000). Hovedutfordringen med diffusjon fra lungealveolene til blodet er størrelsen på diffusjonsområdet, ikke SaO₂ (Basset & Howley, 2000).

Diffusjon av O₂ fra blodet til muskelcellene blir også begrenset av kapillærtettheten. Kapillærtettheten er trenbar og ved å øke kapillærtettheten vil området for diffusjon bli større og transittiden vil da øke.

Respirasjonssystemets evne til å forsyne blodet med oksygen

Første ledd i transportkjeden foregår i lungene, her diffunderer O₂ og CO₂ inn og ut av kroppen. Diffunderingen blir i hovedsak begrenset av antall kapillærer og transittiden (Basset & Howley, 2000). For at luften fra atmosfæren skal kunne komme ned i lungene for å kunne diffunderes, må det være en trykkforskjell. Trykket i lungene må være lavere enn det trykket som naturlig er i atmosfæren, dette skjer ved at diafragma kontraherer og dermed utvider lungevolumet (Åstrand et al., 2003; Sherwood, 2013; Sand et al., 2014).

Lungene vil i liten grad være en begrensning for VO_{2max} hos friske individer, men for godt trente utøvere vil O₂ kravet være større og transporten av O₂ vil ikke være optimal (Basset & Howley, 2000) Lungekapasiteten er medfødt og er ikke trenbar på linje med de andre faktorene som påvirker VO_{2max} (Tjelta & Enoksen, 2013). Imidlertid er respirasjonsmuskulaturens utholdenhetskapasitet trenbar (McArdle et al., 2015). Det diskuteres også om nedsatt transittid hos godtrente personer kan utgjøre individuelle forskjeller og at noen vil kunne opprettholde en høyere O₂ metning på høyere intensitet og over lengere perioder enn andre (Prefaut et al., 2000).

Demand

Musklenes evne til å forbruke O₂

Forbruket av O₂ i skjelettmuskulatur måles som a-v-O₂ differanse (Åstrand et al., 2003). Ved bruk av redusert muskelmasse, som enkeltmuskler, ikke arbeidet bli begrenset av tilgangen på O₂, slik det vil for et helkroppsarbeid, men vil være store mtp a-v-O₂ differanse (Basset & Howley, 2000).

Ifølge Zhou et al., (2001) vil et arbeid gjennomført med en intensitet opp mot VO_{2max} medføre at transittiden vil være så lav at den aktive muskulaturen ikke vil kunne ta opp nok av den tilgjengelig O₂ (Zhou, et al., 2001).

Vi vil ved å øke kapillærtettheten rundt muskelcellene kunne forlenge transittiden for diffusjon av O₂ fra blod over til muskelcellene selv ved høy belastning (Basset & Howley, 2000). Skjelettmuskulaturen er særegen i å kunne utvikle flere kapillærer ved utholdenhetstrening (Andersen & Henriksson, 1977), det er ikke vist like store endringer i kapillærtettheten i lungene (Basset & Howley, 2000).

I muskelcellene er det mitokondrien som er endestasjonen for O₂ transporten og der O₂ blir brukt til ATP produksjon (Basset & Howley, 2000). Det vil da være tenkelig at om vi doblet mengden mitokondrier i muskelcellen ville vi også kunne doble O₂ opptaket, men det er vist kun en endring på 20-40% ved dobling av mitokondrietettheten (Basset & Howley, 2000). Vi vil da ved å endre mitokondrietettheten eller størrelsen per mitokondrie ikke forbedre det maksimale oksygenopptaket i samme grad (Basset & Howley, 2000). Ifølge di Prampero (2003) vil a-v-O₂ differansen bestemme ca 20-25% av VO_{2max}. Vi ser da at dette ikke er den største begrensningen for VO_{2max}, men er viktig for å kunne utgjøre en forskjell. Vi vet også at det er forskjell på mitokondrietettheten i de ulike muskelfibertypene, der type I har en høyere tetthet av mitokondrier enn type IIa og type IIx (Hollooszy & Coyle, 1984).

2.6 Løpsøkonomi

Siden oksygenkostnaden ved et arbeid betegner energiforbruket ved dette arbeidet (McArdle et al., 2015) kan løpsøkonomi defineres som oksygenkostnaden ved en stabil standardisert løpshastighet, og uttrykt som cost of running (C_r), med benevnning VO₂ per løpte meter (Støren 2009, dr.grad). Det er sett i flere undersøkelser at utøvere med likt maksimalt oksygen opptak kan ha ulik prestasjon, her kan det da tyde på at det er arbeidsøkonomien som skiller utøverne (Conley & Krahenbuhl, 1980; Morgan & Craib, 1992). Løpsøkonomi er for de aller

fleste trenbar og vil for utrente bedres etter bare noen uker med trening (Franch et al., 1998; Billat et al., 1999). For godt trente løpere vil en bedring i løpsøkonomien kunne ta flere år å forbedre om det kun drives løpstrening (Conley et al., 1984; Coyle, 2005). Det er flere faktorer som har vist seg å kunne påvirke løpsøkonomien. I doktorgradsavhandlingen til Støren (2009) presenterer han en formel for hva som kan begrense en løpsøkonomi. Formelen er hentet fra Alexander (1984).

$$C_R = \frac{0.5fE}{\eta}$$

C_R står for løpsøkonomi. 0,5 blir benyttet som et tall på bremsekraften som ikke kommer fra elastiske elementer. f er stegfrekvensen. E er kraften ned mot underlaget (gravitasjonskraft og kraften fra hvert steg). η er effektiviteten på muskelkontrasjonen. Det er i hovedsak tre måter vi kan bedre C_R på (Støren 2009) 1) minimere bremsekraftene ved å hindre for mye vertikalbevegelse av kroppsmassen. 2) ved å øke andelen av bremsekraftene som kan gjenbrukes i den konsentriske kontraksjon, og dermed minske andelen som går tilbake til varme ved å optimalisere elastisitet og stiffnes, 3) bedre effektiviteten i muskelkontraksjonen. Punkt 1) handler om teknikk og kan trenes. Punkt 2) handler om blant annet senestivhet og kan trenes. Punkt 3) handler om å produsere mest mulig kraft med minst mulig energiforbruk i kontraherende muskel, og kan trenes (Støren, 2009).

Det har vært antydning av Schrimgeour et al (1986) at løpere med flere trente kilometer pr uke kan ha opparbeidet seg en bedre C_R enn løpere med færre kilometer pr uke.

Det er også vist at ved å kombinere maksimal styrketrening (høy belastning og få repetisjoner) med kondisjonstrening vil C_R kunne forbedres med 5% etter kun åtte uker i ulike idretter som ski, sykling og fotball, men også i løping (Hoff et al., 2001; Østerås et al., 2002; Støren et al., 2008; Sunde, et al., 2010). Ved å øke den maksimale styrken vil vi minske behovet for antall rekrutterte muskelfibrer i et bestemt arbeid (Støren et al., 2008; Sunde et al., 2010; Hoff et al., 2002). Hvis tiden til peak kraftutvikling minsker som et resultat av maksimal styrketrening vil avslapningsperioden i hver syklus øke, med bedre transittid for diffusjon fra blod til muskel (Støren et al., 2008). Ved å tilføre arbeidende muskler mer O_2 og energisubstrater vil vi kunne tenke oss til at vi kan arbeide på lik intensitet lengere før utmattelse (Støren et al., 2008). Dessuten har Barret o'keefe et al (2012) vist at økt sykkeløkonomi etter maksimal styrketrening trolig skyldes en opprettholdelse av a-v- O_2 differansen til tross for redusert blodstrøm til arbeidende muskulatur.

Alle løpere utvikler en individuell teknikk for sin løpsdistanse. Denne teknikken er svært varierende ut ifra hvilken løpsdisiplin løperen konkurrerer i (Trowell et al., 2019). Sprintere utvikler en teknikk som maksimerer farten, men som tar lite hensyn til effektivisering og økonomisering. Langdistanseløpere fokuserer på energiøkonomisk effektivisering og jobber med å kunne opprettholde en høy fart over tid (Trowell et al., 2019). Mellomdistanseløpere skiller seg her ut, de trenger en unik kombinasjon av høy sprinthastighet, men også en økonomisering av energibidragene for å kunne gi maksimal innsats uten å miste store deler av den høye hastigheten (Trowell et al., 2019; Thompson, 2017).

2.7 Hva begrenser maksimal løpshastighet

Maksimal kraftutvikling

Maksimal kraftutvikling handler om hvor mye kraft som kan utvikles i en muskel eller over et eller flere ledd, ofte gjennom bevegelse (Raastad et al., 2010; McArdle et al., 2015). Ofte testes maksimal kraftutvikling indirekte som hvor mange kg man kan løfte i en enkelt repetisjon (1RM). I relasjon til maksimal løpshurtighet er det ikke bare viktig med stor kraftutvikling, men også at kraftutviklingen skjer raskt, dvs høy rate of force development (RFD), samt at størst mulig kraftutvikling kan opprettholdes gjennom en bevegelse med stor hastighet, noe som krever stor effekt (Power) (Raastad et al., 2010). RFD bestemmes først og fremst av antall rekruterte motoriske enheter og av fyringsfrekvensen (Raastad et al., 2010) RFD regnes som tiden fra kontraksjonsstart til maksimal kraft er nådd, mens effekt regnes som arbeid delt på tid (Åstrand et al., 2003) I tillegg er det viktig at det i et så komplisert bevegelsessystem som løping er et nøye samstemt mønster av hvilke motoriske enheter som rekruteres når og med hvor stor aktivering, siden løping i maksimal fart vil kreve et finstemt samspill mellom synergister, agonister og antagonister (Anderson, 2013).

1RM bestemmes av muskelen tverrsnitt, aktivering av motoriske enheter og fyringsfrekvens. Inne i muskelcellene finner vi sarkomerer, disse inneholder aktin og myosin filamenter som sammen danner tverrbroer som potensielt kan føre til en muskelkontraksjon (Sand et al., 2014; McArdle et al., 2015). Et stort tverrsnitt vil gi flere mulige tverrbrodanninger, mens en økt fyringsfrekvens vil påvirke kalsium konsentrasjonen i muskelcellen (Raastad et al., 2010) og dermed hvor mange tverrbroer som faktisk vil gå i inngrep. Det er altså kalsium som gjør at myosinfilamentene danner tverrbroer med aktinfilamentene. I neste steg kreves det tilgjengelig ATP for at selve kontraksjonen kan skje (Raastad et al., 2010) Dersom

kontraksjonen skal gjentas et antall ganger, som under en 100m, kreves hurtig gjendannelse av ATP, og da først og fremst gjennom anaerob energiomsetning (Osborne & Minahan, 2013; Anderson, 2013). Samtidig kreves gjentatte tverrbrøddannelser, som vil si gjentatt frigjøring og tilbakeføring av kalsium fra og til sarkoplasmatiske retikulum (Wilmore et al 2008).

Maksimal styrke er en av de variablene som har størst innvirkning på idrettsprestasjon generelt (Suchomel et al., 2006). Fordelen ved å ha en god maksimal styrke vil også kunne ha positive skadeforebyggende effekter ved at bindevev, sener og ligamenter blir sterkere og danner et sterkere feste til knoklene (Suchomel et al., 2006). Maksimal styrketrening har en god korrelasjon til sprintprestasjon, og Seitz et al (2014) begrunner dette med at utøvere med god maksimalstyrke i underekstremitetene har god evne til å utvikle mye kraft fort gjennom hvert steg mot underlaget (Seitz et al., 2014). For en mellomdistanseløper vil en maksimal kraftutvikling være avgjørende i den første delen av løpet, mot slutten av løpet vil det energiøkonomiske spille en større rolle, mens det under midten av løpet hvor toppfarten på distansen nås synes viktigst med evnen til høyest mulig kraftutvikling under høy kontraksjonshastighet i aktuell muskulatur (Thompson, 2017). En 800m løper typisk på 60 til 80% av maksimal sprinthastighet i gjennomsnitt, basert på løpere i friidrettens database (Norges Friidrettsforbund, 2020).

Fordelingen av muskelfibertyper vil også kunne ha noe å si for en prestasjon, sprintere har ofte en større andel type II fibre (Thompson, 2017) som kan produsere mye kraft ved stor kontraksjonshastighet, men som ikke kan opprettholde denne kraften over lengere tid. Vi deler type II fibre inn i type IIa og type IIx (Raastad et al 2010). Type IIa vil kunne gi en høyere effekt (ofte målt som W) på så mye som 5 ganger så mye som type I. Type IIx vil kunne utvikle en effekt tilsvarende opptil 10 ganger så mye som type I og er derfor den sterkeste muskelfiberen vi kjenner til (Raastad et al 2010). Langdistanseløper vil ha en større andel type I fiber som vil kunne opprettholde en hastighet over lengere tid. Vi kan da tenke oss til at en 800meter løper må ha en kombinasjon av denne fordelingen, men med en litt større andel type II fibre for å kunne gjennomføre frasparkene med høy kraftutvikling og høy kontraksjonshastighet gjennom løpet, dette støttes også av Costill et al., 1976.

Biomekaniske forhold

Trowell og medarbeiderne (2019) har funnet at mellomdistanseløpere som har en mindre fleksjon i toraks i det tåen forlater underlaget og en mindre plantarfleksjon i ankelleddet ved bakkekontakt vil bedre prestasjonen. De mener også løpere som unngår å forlenge benet mest mulig gjennom løpsyklusen og samtidig klarer å plassere føttene nær massesenterets loddlinje til underlaget vil ha en fordel fremfor andre løpere ved at de klarer å optimalisere kraft fremover ut av hver overflate berøring (Trowell et al., 2019), altså mindre brems i hvert løpssteg. Det som skiller løpsdistansene fra hverandre er steglengden, kontakttiden med underlaget, hastigheten på knefleksjonen i løpssteget og kontrollen på kroppssenter under bevegelsen (Thompson, 2017). Jo kortere distanse og høyere fart, jo lengre steglengde og kortere kontakttid med underlaget.

3.0 Metode

Denne studien er en del av en større forskningsstudie og et samarbeid mellom Universitetet i Sør-Øst Norge (USN), ansatte ved Norges idrettshøyskole (NIH) og ansatte ved Norges Tekniske-Naturvitenskapelige universitet (NTNU). Resultatene i denne masteroppgaven baserer seg kun på første halvdel av datainnsamlingsperioden, det er derfor sannsynlig at resultater i denne masteroppgaven vil kunne avvike fra de endelige resultatene i forskningsstudien.

3.1 Deltagere

Deltagerne i dette prosjektet ble rekruttert via invitasjoner (se vedlegg 1, informasjonsskriv) til ulike friidrettsmiljøer i Sørøst-Norge og i Midt-Norge og til idrettsstudenter ved USN. Det ble også tatt personlig kontakt med utøvere som tidligere har uttrykt et ønske om deltagelse i forskningsprosjekter ved USN. Ved de øvrige universitetene NIH og NTNU ble det tatt direkte kontakt med potensielle deltagere. Deltakerne er dermed ikke tilfeldig rekruttert.

I første halvdel av datainnsamlingen, som denne oppgaven baserer seg på, ble det tilsammen rekruttert 14 (3kvinner og 10 menn) deltagere der 6 (2 kvinner og 4 menn) av deltagerne var mellomdistanseløpere og 8 (1 kvinne og 7 menn) var idrettsstudenter. Under prosjektet var det 1 deltager som ikke fullførte alle testene grunnet skade oppstått på trening med egen trener. Prosjektet stod derfor igjen med 13 deltagere (2 kvinner og 11 menn), 5 mellomdistanseløpere

og 8 idrettsstudenter.

I tabell 2 kommer det frem karakteristikkene om hver deltager (TP nr er ikke identisk med id nr), samt VO_{2max} og løpstider.

Tabell 2 *Karakteristikkene*

TP	Kjønn	Nivå løp	Vekt kg	Høyde cm	VO_{2max} ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹	100m løp Sek	800m løp min, sek, hun
1	K	Konk	57.7	163	58.2	14.9	2.37.7
2	M	Konk	74.0	180	75.2	13.2	2.21.2
3	M	Konk	75.5	187	79.7	11.7	1.55.2
4	M	Konk	69.0	175	77.1	12.0	1.57.7
5	M	Konk	72.0	185	77.1	12.5	1.55.5
6	K	Stud	65.0	173	57.7	15.7	2.42.2
7	M	Stud	79.5	179	52.6	13.6	2.32.2
8	M	Stud	88.0	192	50.4	12.5	2.32.1
9	M	Stud	80.0	187	64.8	12.1	2.13.3
10	M	Stud	97.0	197	55.1	13.5	2.28.9
11	M	Stud	78.0	176	52.9	13.6	2.54.5
12	M	Stud	75.0	184	51.9	12.7	2.25.5
13	M	Stud	67.0	176	60.4	12.8	2.15.0
Gj.snitt			75.2	181	62.5	13.1	2.22.8
SD			±10	±8.9	±10.9	±1.1	
VC (%)			13.3	4.9	17.4	8.7	

TP, testperson. K, kvinne. M, mann. VO_{2max} , maksimalt oksygenopptak. Gj.snitt, gjennomsnitt. SD, standardavvik. VC, variasjonskoeffisient. Løp, løpere. Stud, idrettsstudenter.

Før testingen måtte deltagerne skrive under på et egenerklæringskjema for helse (vedlegg 2) og informasjonsskrivet som hadde blitt utlevert ved rekruttering. Disse skjemaene gir informasjon til testledere om helsetilstanden til deltagerne, og er en kontroll på at deltagerne er innforstått med hva studien og testene innebærer, samt hvilke rettigheter de som testdeltagere har. Alle deltagerne var over 18 år ved testing. Studien er godkjent av NSD ref nr 183455.

3.2 Utstyr

Løpstestene 100m og 800m ble gjennomført ute på friidrettsbane, fortrinnsvis i approbert konkurranse for de aktive friidrettsutøverne. Idrettsstudentene ble testet i egne oppsatte testkonkurranser arrangert av prosjektet.

VO_{2max} og Cr test ble gjennomført inne på testlaboratoriet ved USN-Bø. Det ble benyttet en tredemølle av merket Woodway PPS55 (Waukesha, WI, USA). Oksygenopptaket ble målt med Cortex Metalyser II (CORTEX Biophysik GmbH, Leipzig, Germany). Oksygenopptaket blir registrert hver 10. sekund (mixekammer). Produsenten viser til en nøyaktighet på ±3% i målingene. Det er vist at apparatet har en måleunøyaktighet på <1 % ved flere ulike studier gjennomført ved USN-Bø (test-retest reliabilitetstester). Før testene begynte ble VO₂ analysatoren og tredemøllen kalibrert til riktig fart, stigning, O₂ og CO₂.

3.3 Utrekningsformler og benevnelser

$$C_r = \text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} / \text{m} \cdot \text{min}^{-1} = \text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{m}^{-1},$$

der $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ er VO₂ i milliliter pr kg kroppsvekt pr minutt, $\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$ er hastigheten på tredemøllen i meter pr minutt målt på en intensitet tilsvarende 70-90% av VO_{2max}, og $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$ er O₂ forbruket pr meter.

$$\text{MAS} = \text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} / C_r ,$$

der $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ er VO_{2max} i milliliter pr kg kroppsvekt pr minutt. VO_{2max} peak blir satt ved at utøveren har en RER høyere enn 1.1, det blir en tydelig avflatning av O₂ kurven og deltageren er frivillig utmattet. MAS uttrykkes ved $\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$.

$$\text{MANS} = 100\text{m} / \text{tiden i sek} \cdot 60$$

100m deles på tiden for å få antall meter per sekund. Så ganges dette med 60 for å få antall meter pr minutt. MANS uttrykkes ved $\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$ som er det samme som MAS uttrykkes som.

$$\text{Estimert 800m tid} = 0.6 \cdot \text{MAS} + 0.4 \cdot \text{MANS}$$

0.6 og 0.4 er benyttet med bakgrunn i teoridelen av denne oppgaven og en tenkt formel for å kunne predikere tid på 800m.

Faktisk fordeling = $X \cdot \text{MAS} + Y \cdot \text{MANS}$.

X og Y er de faktiske fordelingene av aerob og anaerob hastighet. Når tiden her gir gjennomsnittshastigheten, er svaret nødvendigvis rett og fordelingen reel, siden MANS alltid vil være høyere enn MAS.

3.4 Test protokoll

3.4.1 $\text{VO}_{2\text{max}}$ og Cr

I forkant av testen gjennomførte deltagerne en 15 minutters oppvarming. Under oppvarmingen fikk deltagerne informasjon om prosedyren i testene som skulle gjennomføres. Etter oppvarmingen, og før Cr testen skulle begynne fikk deltagerne tildelt et pulsbelte (Polar RX 100, Polar Oy, Finland) og en maske påsatt av testleder.

Cr var den første testen som ble gjennomført. Tredemøllen 0% motbakke under denne testen. Testen ble gjennomført med en hastighet som tilsvarte 70% - 90% av $\text{VO}_{2\text{max}}$ (Helgerud et al., 2010), ble gjennomført med konstant hastighet og varte i fem minutter. VO_2 målinger ble registrert hver 15. sekund fra 3 minutter og ut. For å være sikker på at testen ble gjennomført mellom 70%-90% av $\text{VO}_{2\text{max}}$, ble et drag nummer to, med litt høyere – men fortsatt submaksimal intensitet gjennomført.

Mellom Cr testen og $\text{VO}_{2\text{max}}$ testen fikk deltagerne 2-5 minutters pause mens tredemøllen ble justert for stigning og fart. Utgangsstigning var 5% og farten ble satt til farten under siste Cr drag, individuelt fra deltager til deltager. Deretter ble tempo økt med 1,0 km/t for hver minutt. Økning av farten ble gjort etter forespørsel fra testleder til testdeltager. Deltagerne kunne gi positivt svar (tommel opp) eller negativt svar (flat hånd) på forespørselen. Ved positivt svar økte belastningen, ved negativt svar forble belastningen lik, men deltager fikk likevel forespørsel om økning hvert minutt. Testen ble avsluttet ved frivillig opplevd utmattelse. Hjerterefrekvensen ble målt av pulsklokke (Polar RX 100, Polar Oy, Finland) tilhørende testlaboratoriet eller av testdeltagers egen klokke. Etter endt test ble det vurdert om $\text{VO}_{2\text{max}}$ var nådd via kriteriene: frivillig utmattelse, avfatning av VO_2 -kurven og RER over 1.1, samt hjerterefrekvens $>95\%$ av HF_{max} .

3.4.2 100m og 800m

Deltagerne som var mellomdistanseløpere gjennomførte løpstestene i offisielle konkurranser og tidene ligger registrert på friidrett.no (Norges Friidrettsforbund, 2019). Deltagerne fikk ingen bestemt oppvarming å følge, men gjennomførte ønsket oppvarming og egen prosedyre før konkurranse.

De av deltagerne som var studenter, fikk en beskrivelse av hvordan testene ville gjennomføres og en anbefaling om hvordan oppvarmingen kunne gjennomføres (rolig start med progresjon opp til stigningsløp). Deltagerne fikk selv velge hvordan de ønsket å varme opp.

Oppvarmingen varte minimum 15 minutter, maksimum 25 minutter.

100meter løps testen var den første testen som ble gjennomført etter oppvarmingen og ble gjennomført i heat med 1-2 andre deltagere. Dette for å øke konkurransen og bedre prestasjonen. Tiden ble tatt manuelt med 1 stoppeklokke per deltager pluss en kontrollklokke. Det var 15 minutter aktiv pause mellom 100meter og 800meter testene. 800meter testen ble gjennomført på lik måte som den første, 2-3 deltagere per heat med klokker på alle deltagere. Etter endt test fikk deltagerne en anbefaling om nedjogging som avslutning på økta.

3.5 Inklusjon og eksklusjon

Inklusjonskriteriene ble satt for å kunne vise til en aktiv gruppe deltagere med evne til å prestere med maksimal innsats. Kriteriene for inklusjon ble >18år, løpere eller aktive idrettsstudenter, maksimum 6 måneder mellom løpstest på bane og VO_{2max} og C_r test, og en 800m prestasjon på mellom 1minutt 45sekunder og 3 minutter. Deltagerne ble ekskludert fra studien om noen av disse kriteriene ikke ble oppfylt eller om deltagere ble syke eller skadet før alle testene var gjennomført.

4.0 Resultater

Denne masteroppgaven baserer seg på resultatene fra de 13 første løperne i studien, og som gjennomførte testene før utgangen av 2019. Resultatene for disse deltagere er presentert i tabell 3.

Tabell 3 VO_{2max} , C_r , løpstider på 100m og 800 og estimerte tider på 100m og 800m

TP	100m (s)	VO_{2max} $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$	C_r $ml \cdot kg^{-1} \cdot m^{-1}$	MAS $m \cdot min^{-1}$	MANS $m \cdot min^{-1}$	800m (min,s)	Est. 800m (min,s)
1	14.9	58.18	0.222	262.1	403.2	2.38	2.31
2	13.2	75.15	0.22	341.6	455.9	2.21	2.04
3	11.7	79.7	0.21	379.5	512.8	1.55	1.51
4	12.0	77.1	0.22	350.5	500.0	1.58	1.56
5	12.5	77.1	0.219	352.1	481.5	1.56	1.59
6	15.7	57.7	0.196	294.4	382.2	2.42	2.25
7	13.6	52.6	0.195	269.7	441.2	2.32	2.11
8	12.5	50.4	0.193	261.1	480.0	2.32	2.17
9	12.1	64.8	0.236	274.6	495.9	2.13	2.12
10	13.5	55.1	0.185	297.8	444.4	2.29	2.14
11	13.6	52.9	0.189	279.9	441.5	2.54	2.19
12	12.7	51.9	0.195	266.2	472.4	2.25	2.17
13	12.9	60.4	0.218	277.1	469.5	2.21	2.15
Gj.snitt	13	62.5	0.208	300.5	460	2.23	2.12
\pm st.av.	± 1.1	± 10.9	± 0.01	± 40.8	± 37.6	± 0.18	± 0.11
VC(%)	8.7	17.5	7.7	13.5	8.1	12.9	8.7

Resultatene er presentert som enkeltresultater, samt gjennomsnitt, standard avvik og variasjonskoeffisient.

TP, testperson. M, meter. S, sekunder. VO_{2max} , Maksimalt oksygenopptak. $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$, milliliter per kilogram per minutt. C_r , cost of running (oksygen kostnad ved løp). $ml \cdot kg^{-1} \cdot m^{-1}$, milliliter per kilogram per meter. MAS, maksimal aerob hastighet. $m \cdot min^{-1}$, meter per minutt. MANS, maksimal anaerob hastighet. Est, estimerte basert på $0.6 \cdot MAS + 0.4 \cdot MANS$. Gj.snitt, gjennomsnitt. St.av., standard avvik. VC, variasjonskoeffisient.

Tabell 4 Individuell fordeling av MAS og MANS oppgitt i prosent

TP	MAS	MANS
1	70	30
2	100	0
3	72	28
4	61	39
5	51	49
6	96	4
7	73	27
8	75	25
9	61	39
10	83	17
11	100	0
12	68	32
13	68	32
Gj.snitt	75.2	24.8
± st.av.	±15.4	±15.4
VC (%)	20.5	62.3

TP, testperson. MAS, maksimal aerob hastighet. MANS, maksimal anaerob hastighet. Gj.snitt, gjennomsnitt. St.av., standard avvik. VC, variasjonskoeffisient.

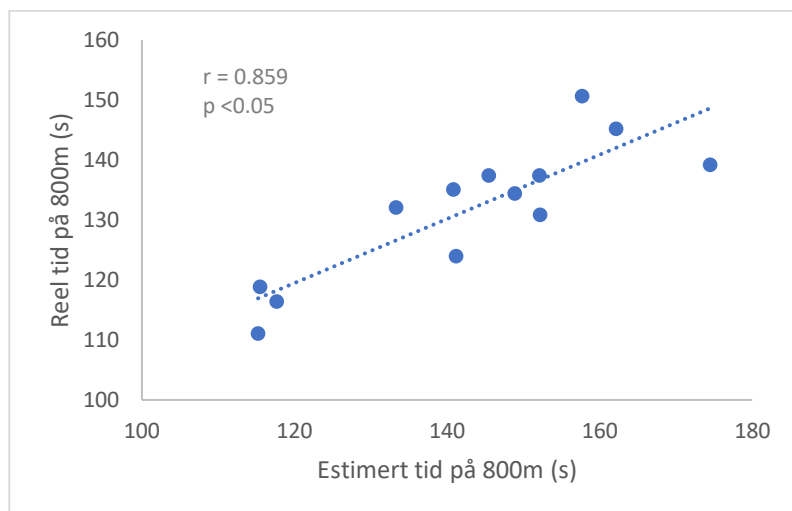
Løpstidene varierte mellom deltagerne og i tabell 5 er deltagerens maksimale hastighet oppgitt sammen med gjennomsnittshastigheten deltagerne hadde på 800m.

Tabell 5 Maksimale hastigheter og gjennomsnittsfart

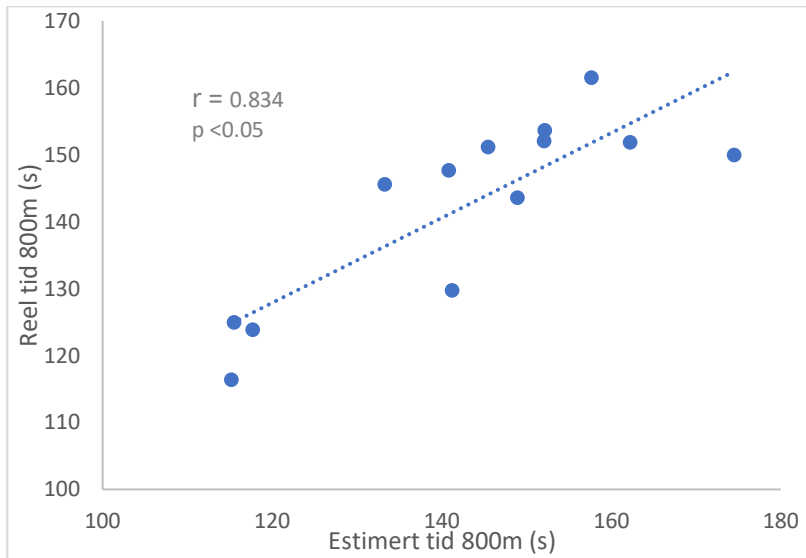
TP	MAS (m/min)	MANS (m/min)	Gj.snitt 800m (m/min)
1	262.1	403.2	304.6
2	341.6	455.9	340.9
3	379.5	512.8	416.6
4	350.5	500.0	408.2
5	352.1	483.9	416.7
6	294.4	382.2	297.0
7	269.7	441.1	315.8
8	261.1	480.0	315.7
9	274.6	495.8	361.4
10	297.8	444.4	322.6
11	279.9	441.5	275.2
12	266.2	472.4	331.5
13	277.0	472.4	340.9
Gj.snitt	300.5	460.4	342.0
± st.av.	±40.8	±37.8	±46.2

TP, testperson. MAS, maksimal aerob hastighet oppgitt i meter/minutt. MANS, maksimal anaerob hastighet oppgitt i meter/minutt. Gj.snitt, gjennomsnittsfart på 800meter løp oppgitt i meter/minutt. St.av., standard avvik.

Figur 1 viser sammenhengen mellom den reelle tiden deltagerne hadde på 800m og den estimerte tiden deltagerne fikk basert på formelen $0.6 \cdot \text{MAS} + 0.4 \cdot \text{MANS}$.

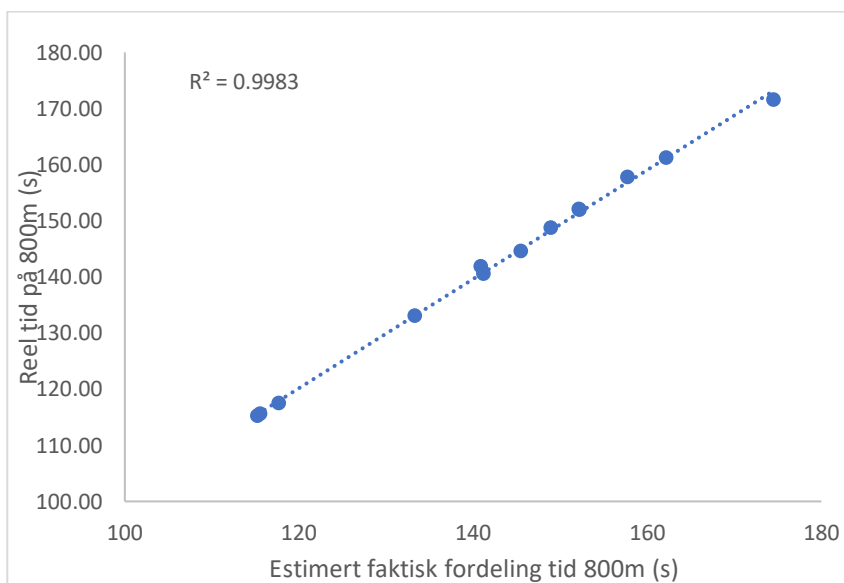
**Figur1.** Sammenheng mellom reel og estimert tid på 800m basert på 60/40 MAS/MANS

Figur 2 viser sammenhengen mellom den reel tiden deltagerne hadde på 800m og den estimerte tiden deltagerne fikk basert på gjennomsnittsfordelingen av MAS og MANS (74/26).



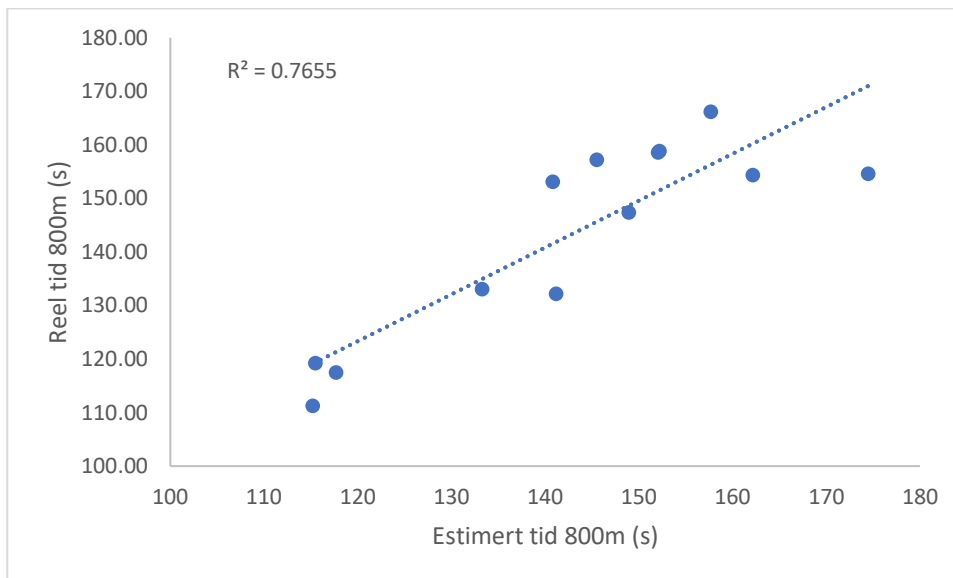
Figur 2. Sammenheng mellom reel tid og estimert tid på 800m basert på gjennomsnittlig fordeling av 74%MAS og 26%MANS

Figur 3 viser den reelle fordelingen til deltagerne opp mot estimert faktisk fordeling deltagerne hadde på 800m som kom frem i tabell 4.



Figur 3. Sammenheng mellom reel fordeling og estimert faktisk fordeling på 800m

Figur 4 viser de 4 deltagerne som løp 800m under 2min 25 sek mot de som løp over. De fire deltagerne under 2.25 hadde et snitt på 61% aerob hastighet. De 9 over hadde et snitt på 81% aerobt. Figur 4 viser sammenhengene når de 4 under regnes med 61/39 fordeling og de 9 over regnes med 81/19 fordeling.



Figur 4. *Sammenhengen mellom reel tid på 800m og gjennomsnitt for de under 2min25sek (61% MAS 39% MANS) og de over (81% MAS og 19% MANS).*

5.0 Diskusjon

5.1 Hovedfunn

Gjennomsnittlig fordeling av MAS og MANS for tidsprestasjon på 800meter var 74%MAS og 26% MANS. Imidlertid spilte tidsprestasjonen en stor rolle for denne fordelingen.

Deltagerne som brukte lengst tid (>2min25sek) hadde en gjennomsnittlig fordeling på MAS 81% og MANS 19%. Deltagerne som brukte kortest tid hadde en gjennomsnittlig fordeling på 61% MAS og 39% MANS. Dette viser at maksimal aerob hastighet har stor betydning for resultatet dersom løperen brukte lang tid, og mindre for resultatet dersom løperen brukte kort tid.

5.2 Relativ fordeling av MAS og MANS

Den relative fordelingen presentert i denne oppgaven kan ses i sammenheng med fordelingen av aerobt og anaerobt energibidrag diskutert i Duffield et al (2005) (se tabell 1). Der øker andelen av aerobt energibidrag ettersom tiden på løpet øker. Duffield et al (2005) viste også en forskjell i energibidrag mellom jenter og gutter, men dette kan også ses i sammenheng med at jenter bruker lengere tid på distansen enn det gutter gjør (Norges Friidrettsforbund, 2019). Det er imidlertid viktig å bemerke at energibidrag og hastighet ikke nødvendigvis kan sammenlignes direkte.

Gjennomsnittets fordeling av MAS og MANS på alle løperne ble 74% MAS og 26% MANS. Estimert tid med denne fordelingen korrelert opp mot faktisk brukt tid gir en r-verdi på 0.834. Det er interessant at en gjennomsnittlig fordeling som dette faktisk gir en lavere r-verdi enn det 60% MAS og 40% MANS gir ($r=0.859$). Figur 1 og 2 viser disse sammenhengene. Grunnen til dette kan muligens være at de raskeste deltagerne da skiller seg mer ut fra mengden. De tregeste deltagende har et gjennomsnitt på 81/19 og når denne gruppen da er i et stor flertall ($n=9$), vil korrelasjonen mot den raskeste gruppen ($n=4$) være misvisende i en slik sammenheng. Derimot om vi bruker gjennomsnittsfordelingen av MAS og MANS i de to gruppene og så lager en korrelasjon slik det er gjort i figur 4, vil det stemme bedre for begge grupper. Figur 4 har derfor en høyere r-verdi (0.874). Om deltagerne hadde blitt delt i flere grupper ville r-verdien trolig økt enda mer. Man kan tenke seg eksempelvis en 60/40, en 70/30 og en 80/20 fordeling basert på gruppering av løpere etter tidsprestasjoner. En ytterligere gruppering som dette var ikke mulig i denne studien, da det er få deltagere. Vi kan likevel se dette gjennom figur 3 og 4. Figur 3 viser korrelasjonen mellom alle deltagernes reelle fordeling og vi får da en r-verdi tilnærmet 1. Dette kan tyde på at når deltagerne blir delt i grupper som passer deres reelle fordeling bedre vil det gi en høyere korrelasjon mellom fordeling av de ulike maksimale hastighetene og den reelle tiden deltagerne brukte på 800meter. Dette er en fordel om utøverne skal kunne benytte formelen til treningsarbeid senere. Ved å kunne tilpasse formelen til hver utøver vil formelen kunne bli mer brukbar og gi bedre veiledning inn mot riktig treningsarbeid for den spesifikke utøveren. Det som er viktig å huske på da, er at formelen justeres for den enkelt ettersom tidsprestasjonen forandrer seg.

5.3 Relativ betydning av MAS og MANS på prestasjons forskjeller

MAS vil få ulik relativ betydning etter som tidsprestasjonen endres. I denne studien kommer det frem at utøvere som bruker over 2min25sek på distansen har gjennomsnittlig en stor andel MAS (81%) og en liten andel MANS (19%). Dette har to potensielle årsaker. Den ene er at de bruker så lang tid at det anaerobe bidraget naturlig nok ikke kan utgjøre en stor relativ andel av arbeidet (Medbø & Tabata, 1989). Den andre er trolig at nivået på VO_{2max} og C_r gir en lavere MAS, som igjen bidrar til lang tid på distansen. Når de 3 raskeste deltagerne trekkes frem fra tabell 5, kommer det tydelig frem at de har en betydelig høyere MAS enn resterende. Samtidig har de også de høyeste både faktiske, men viktigst i denne sammenheng, relative MANS verdiene av alle.

Så for utøvere som bruker lengre tid vil MAS ha en større relativ betydning, hvilket samsvarer med en 50/50% andel av aerob og anaerob energiomsetning ved maksimalt arbeid over ett minutt (Medbø & Tabata, 1989). Ved å ha en god MAS vil løpstiden gå ned, samtidig ved å ha en høy MAS vil du kunne utnytte MANS bedre. Av praktiske konsekvenser vil det da kunne foreslås et større fokus på å øke MAS, jo lengre tid man bruker. Mens man bør øke fokus på å forbedre MANS, jo kortere tid man bruker. For å forbedre MAS må enten VO_{2max} , C_r eller begge forbedres. Forbedring av MANS vil bety forbedring av maksimal sprinthastighet.

Tidligere forskning gir klare retningslinjer for trening som best påvirker de ulike fysiologiske faktorene. VO_{2max} er godt trenbar og forbedres raskt gjennom høyintensiv aerob intervalltrening (Helgerud, et al., 2007). Støren et al (2008) viser også til en forbedring av arbeidsøkonomi for løpere gjennom systematisk maksimal styrketrening. Viser det seg at utøveren bør trene for å forbedre MANS er det vist at også her er det styrketrening som bør fokuseres på (Seitz et al., 2014) sammen med sprinttrening (Haugen et al., 2019).

I studien til Blagrove et al (2019) mener de å kunne forklare 45% av prestasjonsforskjellene i et utvalg løpere basert på MAS. At ikke MAS forklarer mer av forskjellene skyldes nok at dette er en relativt homogen gruppe (7.8%) løpere i studien til Blagrove et al (2019) Det blir ikke sett på betydningen av MANS, men kun på hvor mye av forskjellene MAS kan forklare. Det kan ikke sammenlignes med MAS i denne studien der problemstillingen ser på

betydningen av MAS og MANS i forhold til hverandre. Det er likevel interessant å se på funnene og hvor stor betydning MAS har for ulik prestasjon.

Etter nøye litteratursøk har det ikke lyktes meg å finne publiserte studier som kvantifiserer den relative betydningen av maksimal sprinthastighet, altså MANS, på 800m løpsprestasjon.

5.4 Styrker og svakheter

Når løp testes i reelle konkurranser er det en viss fare for at deltagerne ikke gir maksimal innsats, men løper et såkalt lureløp der de bruker vel så mye taktikk som maksimal hastighet, dette kan være tilfelle med TP2 (ikke identisk med id nr) , der fordelingen er på 100% aerob og dermed 0% anaerobt bidrag. Vi kan da vurdere om denne utøveren kunne fått en annen fordeling om han hadde løpt kun med maksimal innsats (Hill, 1999). Vi kan heller ikke utelukke at utøveren har styrker og svakheter som ikke kommer frem av våre tester. Disse styrkene og svakheterne kan gjøre at utøveren likevel presterer på sitt beste (Enoksen & Leknes, 2013).

Tallene i denne oppgaven er noe svake grunnet få deltagere, men når studien fortsetter og med flere deltagere vil den trolig kunne si noe mer presist om fordelingen MAS og MANS og betydningen av MAS for løpsprestasjon på 800meter.

Styrker ved denne studien var at alle deltagerne kjente godt til løping som konkurranse, de var alle aktive og vant med å konkurrere. På den måten var deltagerne vant med å presse seg for å prestere på sitt beste. Deltagerne var også godt vant med å løpe på tredemølle så når testene av VO_{2max} og C_r ble gjennomført var ikke dette noen utfordring.

Fordelene med å teste deltagere i løping er at det er en aktivitet alle har kjennskap til og som har utviklet seg fra frilek som barn til ulike konkurranser og aktiviteter som ungdom og voksen (fotball, håndball, friidrett, tilløp i turn osv).

Det er både styrke og svakheter med den type utregningsformel som er benyttet i denne studien. Formelen gjør det enkelt å tallfeste en prestasjon, men er også noe utydelig i form av at det er få faktorer som er testet, og ved å inkludere flere faktorer kunne muligens formelen vært utviklet noe videre. Men ved å gjennomføre testene som passer til formelen som er brukt vil det være enkelt å si noe om prestasjon og også vise til en endring hos personene som

ønsker å benytte dette som et treningsverktøy. Det er enkle tester som gjør det enkelt å benytte i trening, noe som er hensikten med formelen.

5.5 Praktiske implikasjoner

I denne kartleggingsstudien er det vanskelig å si noe konkret da utvalget er lite og det er i stor grad gutter som har deltatt. Studien kan likevel se en tendens til at resultatene vil bli nogenlunde like når studien fortsetter med flere deltagere. Deltagerne med kortest tid vil ha en høyere andel MANS enn deltagerne med lengere tid.

Ved å få tydeligere resultater vil denne type forskning være et virkemiddel som utøvere og trenere kan benytte i sitt treningsarbeid. Resultatene vil kunne tydeliggjøre utøverens styrker og svakheter og gjennom konkret treningsarbeid vil utøveren kunne forbedre prestasjonen. Dessuten vil resultater som blir presentert i denne oppgaven kunne være med å hjelpe trenere og utøvere i vurderingen av om MAS og eller MANS bør prioriteres i treningsarbeidet. De foreliggende resultatene kan indikere at de løperne som bruker lengst tid på distansen også bør prioritere MAS mest i treningsarbeidet.

6.0 Videre forskning

For videre forskning vil det kunne være interessant å dele testgruppene i tid og på den måten kunne utvikle formelen til å passe bedre hver enkelt utøver. Formler som kan være interessante å undersøke er 45/55 på utøvere som bruker kort tid og 70/30 på utøvere som bruker noe lengere tid. Ved å utvikle disse formlene enda mer kan de tilpasses og spesifiseres utøvere med ulike tidsprestasjoner og på den måten kunne gi utøvere og trenere et mer spesifikt arbeidsområde for å utvikle prestasjon.

7.0 Konklusjon

Betydningen av maksimal aerob hastighet og maksimal anaerob hastighet viste seg å variere mellom nivået til deltagerne. Deltagerne med bedre prestasjon har en høyere MAS, og er mer avhengig av å forbedre MANS for ytterligere prestasjonsforbedring, mens det for deltakerne som bruker lengst tid er omvendt. Gjennomsnittlig tidsprestasjon var basert på 75% MAS og 25% MANS.

8.0 Litteratur

- Alexander, R. (1984). Elastic Energy Stores in Running Vertebrates. *Amer Zool*(24), ss. 85-94.
- Andersen, P., & Henriksson, J. (1977). Capillary supply of the quadriceps femoris muscle of man: adaptive response to exercise. *J. Physiol.*(270), ss. 677-690.
- Anderson, O. (2013). *Running Science. The ultimate nexus of knowledge and performance*. Leeds: Human Kinetics.
- Åstrand, P.-O., Rodahl, K., Dahl, H. A., & Strømme, S. B. (2003). *Textbook of Work Physiologi - Physiological Bases of Exercise* (4. utg.). Human Kinetics.
- Barrett o'keefe , Z., Helgerud, J., Wagner , P., & Richardson, R. (2012, September). Maximal strength training and increased work efficiency: contribution from the trained muscle bed. *J Appl Physiol*(113), ss. 1846–1851.
- Basset, D., & Howley, E. (2000, Januar). Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Medicine & Science in Sport & Exercise*(32), s. 70.
- Billiat, V., Flechet, B., Petit, B., Muriaux, G., & Koralsztein, J. (1999). Interval training at VO2max: effects on aerobic performance and overtraining markers. *Medicine & Science in Sports and Exercise*(31), ss. 156-163.
- Blagrove, R., Howatson, G., & Hayes, P. (2018). Effects of Strength Training on the Physiological Determinants of Middle- and Long-Distance Running Performance: A Systematic Review. *Sports Med*(48), ss. 1117–1149.
- Blagrove, R., Howatson, G., Pedlar, C., & Hayes, P. (2019, juni). Quantification of aerobic determinantes of performance in post-pubertal adolescent middle-distance runners. *European Journal of Applied Physiology*(119), ss. 1865-1874.
- Conley , D., Krahenbuhl, G., Burkett, L., & Millar, A. (1984). Following Steve Scott: physiological changes accompanying training. *Medicine & Sciense in Sport & Exercise*(12 (1)), ss. 103-106.
- Conley, D., & Krahenbuhl, G. (1980). Running economy and distance running performance of highly trained athletes. *Med Sci Sports Exerc.*(12(5)), ss. 357-360.
- Costill, D., 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)), ss. 149-154.

- Coyle, E. (2005). Improved muscular efficiency displayed as Tour de France champion matures. *Journal of Applied Physiology*(98), ss. 2191-2196.
- Craig, I., & Morgan, D. (1998). Relationship between 800- m running performance and accumulated oxygen deficit in middle-distance running. *Medicine and Science in Sports and Exercise*(30), ss. 1631 – 1636.
- di Prampero , P. (2003). Factors limiting maximal performance in humans. *Eur J Appl Physiol*(90 (3-4)), ss. 420-429.
- Duffield , R., Dawson, B., & Goodman, C. (2005). Energy system contribution to 400-metre and 800-metre track running. *Journal of Sports Sciences*(23 (3)), ss. 299-307.
- Enoksen , E., & Leknes, T. (2013). Treningsprosessen på 800m fra ungdomsår til internasjonalt nivå. I L. Tjelta, E. Enoksen , & E. Tønnessen (Red.), *Utholdenhetstrening - Forskning og beste praksis* (ss. 210-234). Capellen Damm akademisk.
- Enoksen , E., & Tønnessen, E. (2000). *Friidrett - fordypningsbok - studieretning for idrettsfag*. Oslo: Gyldendal undervisning.
- Enoksen , E., Shalfawi, S. A., & Tønnessen, E. (2011, Mars). The Effect of High- vs. Low-Intensity Training on Aerobic Capacity in Well-Trained Male Middle-Distance Runners. *Journal of Strength and Conditioning Research*(25 (3)), ss. 812-818.
- Feretti, G., Bringard, A., & Perini, R. (2011). An analysis of performance in human locomotion. *European Journal of Applied Physiology*(111 (3)), ss. 391-401.
- Franch, J., Madsen, K., Djurhuus, M., & Pedersen , P. (1998). Improved running economy following intensified training correlates with reduced ventilatory demands. *Medicine & Science in Sports & Exercise*(30), ss. 1250-1256.
- Haugen , T., Seiler, S., Sandbakk, Ø., & Tønnessen, E. (2019, November 21). The Training and Development of Elite Sprint Performance: an Integration of Scientific and Best Practice Literature. *Sports Med Open*.(5 (1)), ss. 44-60.
- Helgerud, J., Høydal, K., Wang, E., Karlsen, T., Berg, P., Bjergaas, M., . . . Hoff, J. (2007, April). Aerobic high-intensity intervals improve VO₂max more than moderate training. *Med Sci Sports Exerc*.(39 (4)), ss. 665-671.
- Hill, D. (1999). Energy system contributions in middledistance running events. *Journal of Sports Sciences*(17), ss. 477-483.
- Hoff, J., Gran, A., & Helgerud, J. (2002). Maximal strength training improves aerobic endurance performance. *Scand J Med Sci Sports*(12 (5)), ss. 288-295.

- Holloszy, J., & Coyle, E. (1984). Adaptions of skeletal muscle to endurance exercise and their metabolic consequences. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol*(56(4)), ss. 831-838.
- Kenney , W., Wilmore, J., & Costill , D. (2015). *Physiology of sport and exercise*. Leeds : Human Kinetics.
- Lacour, J., Bouvat, E., & Dormois, D. (1990). Postcompetition blood lactate concentrations as indicators of anaerobic energy expenditure during 400-m and 800-m races. *European Journal of Applied Physiology*(61), ss. 172-176.
- McArdle, W., Katch, F., & Katch, V. (2015). *Exercise Physiology. Nutrition, energy, and human performance*. Baltimore: Wolters Kluwer Health.
- Medbø, J., & Burgers, S. (1990, August). Effect of training on the anaerobic capacity. *Medicine & Science in Sports & Exercise*(22 (4)), ss. 501–507.
- 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.
- Morgan , D., Baldini , F., Martin , P., & Kohrt , W. (1989, Februar). Ten kilometer performance and predicted velocity at VO₂max among well-trained male runners. *Medicine & Science in Sports & Exercise*(21 (1)), ss. 78- 83.
- Morgan, D., & Craib, M. (1992). Physiological aspects of running economy. *Medicine & Science in Sports & Exercise*(Vol 24, No 4), ss. 456-461.
- Norges Friidrettsforbund. (2019, 08 21). *friidrett.no*. Hentet fra <https://www.friidrett.no/>
- Norges Friidrettsforbund. (2020, Mars 26). *Friidrett.no*. Hentet fra <https://www.friidrett.no/aktivitet/resultater/soketterresultater/>
- Osborne, M., & Minahan, C. (2013). Anarobic Capacity. I R. Tanner, & C. Gore (Red.), *Physiological Tests for Elite Athletes* (ss. 59-76). Human Kinetics.
- Prefaut , C., Durand , F., Mucci, P., & Caillaud , C. (2000, juli). Exercise-induced arterial hypoxaemia in athletes: a review. *Sports Med.*(30 (1)), ss. 47-61.
- Raastad, T., Paulsen, G., Refsnes, P., Rønnestad, B. R., & Wisnes, A. R. (2010). *Styrketrening - i teori og praksis* (1. utgave. 4 opplag. utg.). (K. Lie, & B. Brandser, Red.) Oslo: Gyldendal undervisning.
- Sand, O., Sjaastad, Ø., & Haug, E. (2014). *Menneskets fysiologi*. Oslo: Gyldendal akademisk.
- Sandbakk, Ø., & Holmberg, H. (2017). Physiological Capacity and Training Routines of Elite Cross-Country Skiers: Approaching the Upper Limits of Human Endurance. *International journal of sports physiology and performance*, 2017(12(8)), ss. 1-26.

- Sandford, G., Allen, S., Kilding, A., Ross, A., & Laursen, P. (2018a). Anaerobic Speed Reserve: A Key Component of Elite Male 800-m Running. *International Journal of Sports Physiology and Performance*(14), ss. 501-508.
- Sandford, G., Kilding, A., Ross, A., & Laursen, P. (2018b). Maximal sprint speed and the anaerobic speed reserve domain: The untrapped tools that differentiate the world's best male 800m runners. *Sports Medicine*(49), ss. 834-852.
- Saunders, P., Pyne, D., Telford, R., & Hawley, J. (2004). Factors affecting running economy in trained distance runners. *Sports Medicine*(34), ss. 465-485.
- Scrimgeour, A., Noakes, T., Adams, B., & Myburgh, K. (1986, Mars). The influence of weekly training distance on fractional utilization of maximum aerobic capacity in marathon and ultramarathon runners. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*(55), ss. 202-209.
- Seitz, L., Reyes, A., Tran, T., Villarreal, E., & Haff, G. (2014, Juli). Increases in Lower-Body Strength Transfer Positively to Sprint Performance: A Systematic Review with Meta-Analysis. *Sports Med*(44), ss. 1693–1702.
- Sherwood, L. (2013). *Introductory to human Physiology* (8. utg.). Brooks/Cole Cengage Learning.
- Spencer, M., & Gastin, P. (2001). Energy system contribution during 200- to 1500-m running in highly trained athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*(33), ss. 157-162.
- Støren, Ø. (2009, Oktober). Running and cycling economy in athletes; determining factors, training interventions and testing. *Doktorgradsavhandling*. Trondheim, Norge: NTNU - Norges Tekniske Naturvitenskaplige Universitet.
- Støren, Ø., Helgerud, J., Sæbø, M., Støa, E., Bratland-Sanda, S., Unhjem, R., . . . Wang, E. (2017, Januar). The Effect of Age on the V̇O₂max Response to High-Intensity Interval Training. *Med Sci Sports Exerc.*(49(1)), ss. 78-85.
- Støren, Ø., Helgerud, J., Støa, E., & Hoff, J. (2008). Maximal Strength Training Improves Running Economy in Distance Runners. *Medicine & Science in Sport & Exercise*(40(6)), ss. 1087-1092.
- 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. *J Strength Cond Res*(28(3)), ss. 622-9.
- Suchomel, T., Nimphius, P., & Stone, M. (2006). The importance of muscular strength in athletic performance. *Sports Medicine*(46(10)), ss. 1419-1449.

- Sunde, A., Støren, Ø., Bjerkaas, M., Larsen, H., Hoff, J., & Helgerud, J. (2010). Maximal Strength Training Improves Cycling Economy in Competitive Cyclists. *Journal of Strength and Conditioning Research*(24 (8)), ss. 2157-2165.
- Thompson, M. A. (2017). Physiological and Biomechanical Mechanisms of Distance Specific Human Running Performance. *Integrative and Comparative Biology*(57 (2)), ss. 293-300.
- Tjelta , L. I. (2019, september). Three Norwegian brothers all European 1500 m champions: What is the secret? *International Journal of Sports Science & Coaching*(14 (5)), ss. 694-700.
- Tjelta, L., & Enoksen , E. (2013). *Utholdenhetstrening - Forskning og beste praksis* . (E. Tønnessen, Red.) Cappelen Damm Akademisk.
- Trowell, D., Phillips, E., Saunders, P., & Bonacci, J. (2019, Juli). The relationship between performance and biomechanics in middle-distance runners. *Sports Biomechanics*.
- Wagner, P. D. (1996). A theoretical analysis of factors determining Vo2MAX at sea level and altitude. *Respiration Physiology*(106), ss. 329-343.
- Weyand, P., Cureton, K., Conley, D., & Sloniger, M. (1993). Percentage anaerobic energy utilized during track running events. *Medicine and Science in Sports and Exercise*(25), s. 105.
- Wilmore, J., Costil, D., & Kenney, W. (2008). *Physiology of sport and exercise* (4.. utg.). Human kinetics.
- Østerås, H., Helgerud, J., & Hoff, J. (2002). Maximal strength-training effects on force-velocity and force-power relationships explain increases in aerobic performance in humans. *European journal of applied physiology*(88), ss. 255–263.
- Zagatto, A., Beck, W., & Gobatto, C. (2009). Validity of the running anaerobic sprint test for assessing anaerobic power and predicting short-distance performances. *Journal of Strength and Conditioning Research*(23 (6)), ss. 1820–1827.
- Zhou, B., Conlee, R., Jensen, R., Fellingham, G., Georg, J., & Fisher, A. (2001). Stroke volume does not plateau during graded exercise in elite male distance runners. *Medicine & Science in Sports & Exercise*(33 (11)), ss. 1849-1854.

Forespørsel om deltakelse i forskningsprosjekt

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

Bakgrunn og hensikt

Dette er en forespørsel til deg om deltakelse i en forskningsstudie der hensikten er å utprøve en formel for prestasjon på 800m løping gjennom konkurranseresultater på 800m og 100m. Vi vil også gjennomføre en VO₂max test samt en arbeidsøkonomitest for å benytte resultater inn i den tenkte formelen. Det er Universitetet i Sørøst Norge, avdeling Bø i Telemark, som er ansvarlig for gjennomføringen av studiet.

Hva innebærer studien?

Studien innebærer en konkurransetid på 800m og evt. en konkurranse tid på 100m. 100m testen kan også gjennomføres i regi av studie ansvarlige i heat sammen med andre deltagere. Vi vil også gjennomføre en arbeidsøkonomitest for å kartlegge energien som blir brukt på en gitt hastighet, samt en VO₂max test for å kartlegge maksimal aerobkapasitet. Testene kan oppleves som relativt anstrengende. Alle testene vil kun gjennomføres 1 gang. Arbeidsøkonomi- og VO₂max testene må gjennomføres innen en tidsramme på 6 mnd. før/etter registrert 800m konkurransetid.

Mulige fordeler og ulemper

Du vil få oppgitt dine personlige testresultater, som kan være et verdifullt verktøy i ditt selvstendige 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 gjenkjennerende opplysninger. En kode knytter deg til dine opplysninger og prøver gjennom en navneliste. Dette betyr at opplysningene er aidentifisert. Det er kun personell knyttet til prosjektet som har adgang til navnelisten og som kan finne tilbake til deg. 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.

Rett 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 når disse er levert i for av master- og/eller bacheloroppgave eller eventuelt i en publisert studie.

Kontaktpersoner

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

Førsteamanuensis Øyvind Støren, tlf 93404653, e-mail oyvind.storen@usn.no

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

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

Samtykke til deltakelse i studien

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)

Vedlegg 2

Egenerklæringskjema for 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?) Røyker du?
5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	- Snuser du?
6	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	- Kjenner du til om du har hatt 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?
13	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-

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

.....

Dato

Underskrift

.....

Dato

Underskrift av foresatte dersom testperson er under 18 år