

Petter Andre Jølstad

Treningsmonitorering i alpint

Er FieldWiz (ASI) valid nok til å beskrive trening og måle treningsbelastning i alpint?

Masteroppgave i idrettsvitenskap
Seksjon for fysisk prestasjonsevne
Norges idrettshøgskole, 2020

Sammendrag

Introduksjon: Det har i mange år vært en gradvis økende interesse rundt å kvantifisere og analysere trening og treningsbelastningen til utøvere. Alpint er en idrett som er krevende å kvantifisere, mye grunnet kompleksiteten til idretten og variasjonen i treningsformene, og det har ikke frem til nå vært mulig å kvantifisere det som skjer i alpinbakken på en praktisk gjennomførbar, økonomisk, reliabel og valid måte. De siste årene har det vært en økning av aktører som tilbyr posisjonerings- og aktivitetsmålingssystemer som sikter seg inn på idrettsmarkedet med lovord om at deres enhet gir mulighet til å monitorere treningsbelastning. Hensikten med denne studien var å teste validitet til en av disse enhetene: FieldWiz (Advanced Sports Instruments, Sveits) - som er en kombinasjon av en low-end Global Navigation Satellite Systems (GNSS) og Inertial Measurement Unit (IMU). Vi undersøkte validiteten for posisjon, fart og parametere som kan beskrive trening og måle treningsbelastning i alpint. **Metode:** Til datainnsamlingen ble én Europa Cup-utøver rekruttert til å gjennomføre trening på Juvass og to forsøkspersoner (en tidligere FIS-utøver og en øvet amatør) ble rekruttert til frikjøring (Tryvann, Norefjell og Innichen (Italia)). For å måle typisk trening og frikjøring gjennomførte utøverne disse aktivitetene uten spesielle instruksjoner. FieldWiz ble sammenliknet med et high-end dGNSS (differential GNSS), og plassert i en sekk på ryggen til forsøkspersonene. Differanse for posisjon, fart, impuls, reaksjonskraft, bremsende kraft, helning og svingradius ble regnet ut som momentan forskjell mellom referansesystemet og FieldWiz. **Resultater:** Hovedfunnene i studien var at 1) det var relativt store differanser mellom FieldWiz og referansesystemet for posisjon (nøyaktighet og presisjon), 2) fart, impuls, reaksjonskraft og svingradius hadde en liten absolutt differanse (fart: median: 0.9%, Interkvartil differanse (IKD): 1.4%, impuls og reaksjonskraft median: 4.8%, IKD: 6.4%, svingradius: median: 0.7%, IKD: 4.2%), 3) for parametere som beskriver svinger var det liten differanse for \sum impuls (-0.62%) og maksimal reaksjonskraft (0.24%), 4) antall svinger og \sum impuls for hele økter ble noe overestimert med posisjon fra FieldWiz (svinger: 1.42%, \sum aImpuls: 0.28%). **Konklusjon:** Basert på posisjoner fra FieldWiz kan vi med moderat til god validitet måle treningsbelastning og beskrive trening. Implementering av FieldWiz gir dermed gode muligheter til å kvantifisere skitrening i alpint til en overkommelig pris, noe som har manglet i alpint for å kunne måle total treningsbelastning. Videre forskning bør fokusere på kvantifisering av ytre faktorer, optimalisere parameterberegning som også må tilpasses dårligere GNSS posisjonsdata og finne en hensiktsmessig måte å bruke mål på ytre og indre belastning i kombinasjon til å analysere treningsbelastning.

Innhold

Sammendrag	3
Innhold	4
Forord	6
1. Introduksjon	7
1.1.1 Problemstilling.....	8
2. Teori.....	9
2.1 Treningsbelastning.....	9
2.1.1 Definisjon.....	9
2.1.2 Hvorfor måle treningsbelastning?.....	9
2.2 Alpint.....	11
2.3 Metoder for å kvantifisere treningsbelastning	13
2.3.1 Monitoreringsmetoder i ulike idretter	14
2.3.2 Monitorering i alpint.....	15
2.4 GNSS-teknologi.....	17
2.4.1 Bruk av GNSS og IMU i alpint.....	18
3. Metode og materiale	21
3.1 Forsøkspersoner og protokoll	21
3.2 Materiale.....	22
3.2.1 High-end GNSS brukt som referanse	22
3.2.2 FieldWiz.....	22
3.2.3 Skiutstyr	22
3.2.4 Festing av utstyr.....	22
3.3 Dataprosessering	23
3.3.1 Referansesystemet	23
3.3.2 FieldWiz.....	23
3.3.3 Transformering og synkronisering.....	23
3.3.4 Datainklusjon	24
3.3.5 Inter-device reliabilitet.....	24
3.3.6 Parameterberegning	25
3.4 Statistikk	27
4. Resultater	28
4.1 Referanseverdier	28
4.2 Validering posisjon	29

4.3	Validering parametere.....	33
4.4	Treningsdata.....	39
5.	Diskusjon.....	43
5.1	Posisjon	43
5.2	Parametere for beskrivelse av trening og belastning	46
5.2.1	Treningsanalyse	48
5.3	Bruk av FieldWiz i alpint	49
5.3.1	Kvantifisering av trening	49
5.3.2	Prestasjonsanalyse	52
5.4	Begrensninger og feilkilder	52
5.5	Videre utvikling.....	53
5.6	Konklusjon.....	54
	Referanser	55
	Tabelloversikt.....	62
	Figuroversikt	63
	Vedlegg.....	65

Forord

Etter fem år på Norges Idrettshøgskole er denne oppgaven min avslutning på studietiden. Jeg har hatt fem lærerike år, med mye ny kunnskap og erfaringer som har forberedt meg til en ny hverdag. Det har vært utrolig interessant å jobbe med masteroppgaven, og jeg sitter igjen med masse kompetanse jeg håper å få brukt videre. Det har til tider vært mye jobb og mange sene kvelder på lesesalen, og de siste månedene mange dager i leiligheten på grunn av «Corona-situasjonen». Dessverre ble deler av datainnsamlingen for masteroppgaven umulig å gjennomføre på grunn av «Corona-situasjonen», men siden majoriteten av datainnsamlingen var gjort før restriksjonene trådte i kraft ble det aldri et stort problem.

Jeg vil først rette en stor takk til hovedveileder Matthias Gilgien, som alltid har hatt tid til spørsmål og et stort engasjement for oppgaven. Du har vist meg hvor smart og komplisert enkel teknologi kan brukes i idrett og gitt gode råd og muligheter gjennom studietiden allerede fra bachelor. Jeg ser frem til å fortsette å jobbe med deg.

Takk til Robert Reid som har gitt meg innsikt i hvordan alpinlandslaget jobber og vist hva verdens beste alpinlandslag ønsker av et monitoreringssystem. Takk for gode produktive møter om teknologiutvikling i alpint og jobben jeg har fått gjort med og for dere.

Takk til Per Haugen for gode innspill og tilbakemeldinger på oppgaven.

Jeg vil også takke gode venner på Norges Idrettshøgskole som har gjort de lange dagene og sene kveldene underholdene og produktive til siste slutt.

Til slutt vil jeg takke familie, venner og min kjæreste Solveig som har støttet meg gjennom studietiden, og spesielt dette siste året. En ekstra takk til mamma og pappa som har hjulpet til litt ekstra på grunn av den spesielle situasjonen de siste månedene.

Juni 2020

1. Introduksjon

For å prestere optimalt i idrett, er det nødvendig å trene optimalt (Bourdon et al., 2017; Wilson, Newton, Murphy & Humphries, 1993). Det har derfor i mange år vært en gradvis økende interesse rundt å kvantifisere og analysere treningsbelastningen til utøvere (Di Salvo et al., 2007). Posisjoneringsystemer er en av monitoreringsløsningene som er blitt vanligere å bruke, for å se på treningsbelastning og analysere taktikk (Dellaserra, Yong & Randsell, 2014; Leser, Baca & Ogris, 2011).

Alpint er en idrett hvor det er krevende å kvantifisere treningsbelastningen til en utøver, mye grunnet kompleksiteten til idretten og variasjonen i treningsformene som benyttes i en typisk treningsuke. Utfordringen er at hvis det skal være mulig å evaluere treningsbelastningen til en utøver er det nødvendig å samle inn data på alt som gjennomføres av treninger (styrke, utholdenhet, mobilitet, skikjøring og liknende). Uten data for all trening vil det ikke være mulig å se den totale belastningen (Drew & Finch, 2016). Det er mulig å beregne belastning for det meste av styrketreningen og kondisjonstreningen som gjennomføres i alpint med valide og reliable verktøy (Halson, 2014), men frem til nå har det ikke vært mulig å kvantifisere det som skjer i alpinbakken på en praktisk gjennomførbar, økonomisk, reliabel og valid måte. Det norske alpinlandslaget har talt antall portpasseringer (noe som vil si antall svinger hvis utøveren ikke kjører ut av løypa) og antall runder hver utøver kjører (R. Reid, personlig kommunikasjon, 4. juni 2019). Problemet er at det har skjedd noe usystematisk fordi det er tidkrevende, tungvint, og det er begrenset hva det gir av informasjon med tanke på treningsbelastning. Derfor har slike datainnsamlinger ofte blitt glemt når utøverne går inn i konkurranseperioden, noe som gjør at selv data som er tilgjengelig, ikke er fullstendig. Det har også blitt gjort subjektive målinger over lengre tidsperioder, men dette gir ikke et helhetlig bilde av dose-respons-forholdet uten gode mål på ekstern belastning (Bourdon et al., 2017).

Et GNSS (Global Navigation Satellite System) brukt på daglig basis i alpint vil kunne gi data på enkle detaljer som: antall turer, svinger, meter over havet, tid brukt på aktiv kjøring, tid i heis og tid mellom hver nedkjøring. Det kan også benyttes mer avanserte parametere som impuls, impuls i sving, kraft i sving, og liknende (Gilgien, Kröll, Spörri, Crivelli & Müller, 2018a). Grensene for hva som kan måles blir satt av nøyaktigheten, presisjonen og opptakfrekvensen til posisjoneringsystemet som benyttes. De enkleste av disse parameterne er i stor grad mulig å samle inn med andre tilgjengelige metoder, men et av målene med et

godt system er at det skal påvirke utøvere og trenere i minst mulig grad underveis i treningen (Halson, 2014). Ved å ha en enhet som settes på ryggskinen før økten begynner og etterpå tas av, minimeres tiden brukt på datainnsamling, og det er mulig for både utøvere og trenere å fokusere på treningen.

Alpint er en av idrettene som det siste tiåret har hatt en økning i bruk av posisjoneringssystemer, men de er hovedsakelig brukt til prestasjonsanalyser (Supej, Spörri & Holmberg, 2020). Forskningen som har sett på validiteten til posisjoneringssystemer til å gjøre prestasjonsanalyser er blitt gjort med posisjoneringssystemer som har en nøyaktighet på under en desimeter, som er optimalt for alpint (Gilgien, Spörri, Chardonens, Kröll, Limpach & Müller, 2015; Gilgien, Spörri, Kröll, Crivelli & Müller, 2014). Problemet med posisjoneringssystemer som har under en desimeter posisjonsnøyaktighet er at de er veldig kostbare og det er derfor ikke aktuelt å bruke de for en større gruppe alpinister på daglig basis. Siden totalbelastning er avhengig av at alle treningsøkter kvantifiseres er det hensiktsmessig å se om det finnes løsninger som kan brukes på daglig basis for en større utøvergruppe. Hensikten med denne studien var å teste validitet til en av disse enhetene: FieldWiz (Advanced Sports Instruments, Sveits) - som er en low-end GNSS/IMU mottaker. Vi undersøkte validiteten for posisjon, fart og parametere som kan beskrive trening og treningsbelastning for treningsøkter på ski.

1.1.1 Problemstilling

Er FieldWiz (ASI) valid nok til å beskrive trening og måle treningsbelastning i alpint?

2. Teori

2.1 Treningsbelastning

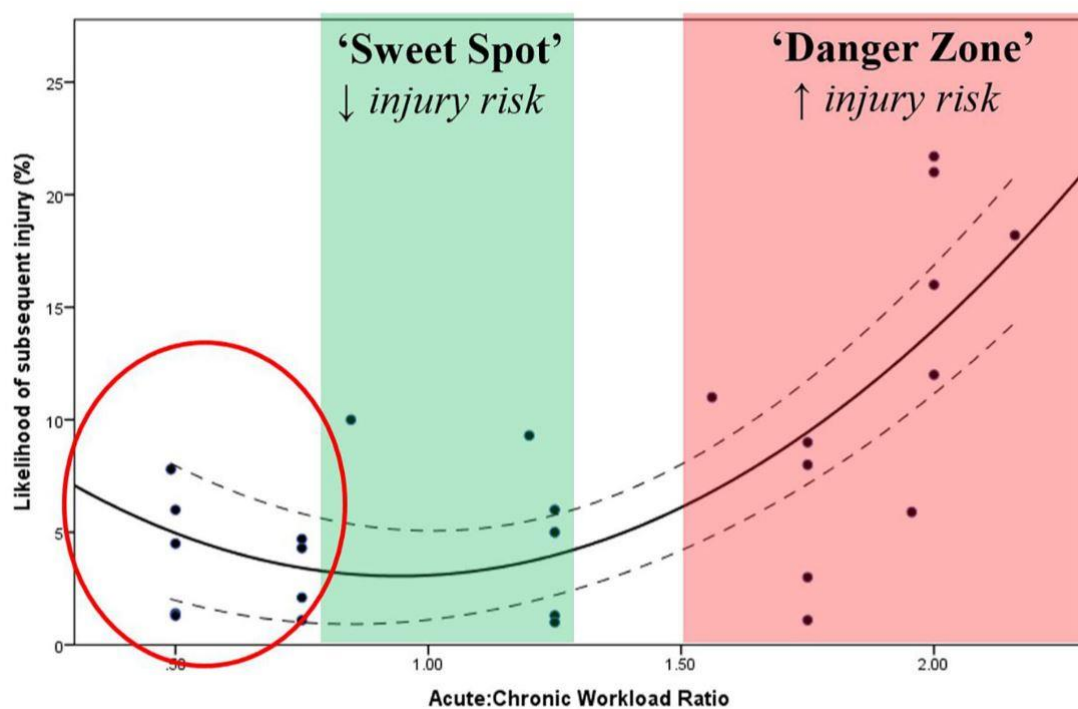
2.1.1 Definisjon

Å prestere på høyeste nivå er målet til de fleste toppidrettsutøvere, og for å øke prestasjonen i idrett er det nødvendig å belaste kroppen med riktig volum, frekvens, lengde og intensitet under trening, ofte kalt treningsbelastning (Halson, 2014). For å kunne kvantifisere treningsbelastningen deles den vanligvis inn i to kategorier; intern og ekstern belastning (Bourdon et al., 2017; Halson, 2014). Intern belastning defineres som de biologiske faktorene som påvirker en utøver, det vil si de fysiologiske og psykologiske faktorene under trening og konkurranse (Bourdon et al., 2017). Intern belastning omfavner dermed både subjektivt og objektivt målbare variabler som er relevant for kvantifisering av treningsbelastning. Ekstern belastning defineres som arbeid gjennomført av en utøver som kan måles uavhengig av personlige karakteristikk (Halson, 2014). Det vil si at alle eksterne belastningsmål regnes som objektive (Bourdon et al., 2017).

2.1.2 Hvorfor måle treningsbelastning?

I toppidrett letes det alltid etter forklaringer for endring i fysisk prestasjon, enten om det er fremgang, stagnasjon, tilbakegang eller skade (Halson, 2014). Typisk dokumenteres det i en treningsbok – vanligvis ført av utøveren selv – enkle objektive data om øktene samt subjektive data som opplevd anstrengelse, helsetilstand, humør og liknende. Objektive data blir vanligvis samlet inn fordi det gir mulighet til å finne en forklaring på prestasjonsendringen (Halson, 2014). Objektive data gjør det mulig å utforske og sammenlikne dataene retrospektivt, noe som gjør at videre planlegging av trening kan gjøres basert på tidligere trening (Foster, Rodriguez-Marroyo & de Koning, 2017). For å kunne skape et helhetlig bilde som med størst sannsynlighet kan forklare en endring, er det nødvendig med en kombinasjon av interne og eksterne mål på belastning (Bourdon et al., 2017; Foster et al., 2017). Registrering av ekstern belastning i kombinasjon med subjektive målinger av utøverens psykiske tilstand kan gi muligheter for bedre planlegging av fremtidig trening (Borresen & Lambert 2009; Foster et al. 2017; Halson 2014). Sammen med mål på prestasjon vil kvantifisering av treningsbelastning kunne være med på å forklare forholdet mellom belastning og respons, altså hvordan en utøver reagerer på en gitt stimulus. Forholdet mellom belastning og respons er blitt forsket på i mange år (Hopkins, 1991). Selv om det ikke er enighet om en optimal måte å måle belastning på, er det konsensus rundt en del elementære

teorier (Bourdon et al., 2017). Kanskje den viktigste teorien er at hver enkelt utøver har en optimal treningsbelastning (Bourdon et al., 2017; Wilson et al., 1993). Den optimale treningsbelastningen er vanskelig å finne, og i toppidrett foregår det kontinuerlige avveinger for å finne dette forholdet: for lite trening vil gi for lite progresjon og for mye trening vil føre til overbelastning og mulig skade (Borresen & Lambert, 2009; Drew & Finch, 2016). Det er klare faktorer man må se opp for med tanke på å unngå overbelastning: økning i intensitet, akkumulering av treningsbelastning og akutt endring i belastning (Borresen & Lambert, 2009; Jones, Griffiths & Mellalieu, 2017). En målemetode som er blitt utbredt de siste årene er å bruke ACWR (Acute Chronic Workload), som har gitt gode resultater med tanke på å finne en balansegang for skaderisiko (Blanch & Gabbett, 2015; Foster et al., 2017; Jones et al., 2017), og høstet en del kritikk for å simplifisere forholdet mellom belastning og skade (Bourdon et al., 2017). ACWR sammenlikner den akutte treningsbelastningen over de siste dagene (vanligvis rundt en uke) med treningsbelastningen som er akkumulert over en lengre periode (vanligvis en måned). Med denne fremgangsmåten har det blitt vist at det finnes et «Sweet spot» for belastning for en utøver som fører til mindre skader og samtidig sørger for god progresjon (figur 1) (Blanch & Gabbett, 2015; Bourdon et al., 2017; Kawamori & Haff, 2004).



Figur 1 viser forholdet mellom ACWR (Acute:Chronic Workload Ratio) og sannsynligheten for å bli skadet oppgitt i prosent. Figuren er hentet med tillatelse fra Blanch et. al., 2015.

Den U-formede grafen i figur 1 viser at det er større fare for å bli skadet med for lite og for mye belastning. Dette skyldes at kroppen ved en gunstig belastning tilvenner seg denne belastningen og det er mindre fare for å bli skadet (Blanch & Gabbett, 2015). Hvis stimulusen kommer for sjeldent eller i for liten dose vil ikke kroppen tilpasse seg belastningen og skaderisikoen øker (Blanch & Gabbett, 2015). Hvis stimulusen akutt blir for høyt klarer ikke kroppen å tilpasse seg i tide og det øker faren for skade og overbelastning (Blanch & Gabbett, 2015; Bourdon et al., 2017; Drew & Finch, 2016).

Det er et overveiende flertall i fagmiljøet som mener at det er nødvendig å måle treningsbelastning for å hjelpe til i planlegging av trening og overvåking av utøveren (Bourdon et al., 2017). Problemet er at det er veldig mange måter å måle treningsbelastning på og det er forskjellige systemer som vil være hensiktsmessig å bruke for ulike idretter, nivå, tidsbruk, mannskap osv. Dette gjør at det ikke finnes en universell måte å dokumentere trening.

2.2 Alpint

Alpint regnes som en individuell teknisk kraftidrett hvor det er ekstremt viktig med god motorisk kontroll og senso-motoriske egenskaper (Raschner, Hildebrandt, Mohr & Müller, 2017). Dette gjør det viktig å trene nærmest mulig en konkurransesituasjon (Gilgien, Reid, Raschner, Supej & Holmberg, 2018b). Det vil si mest mulig kjøring i oppsatte løyper, under samme forhold som forekommer under konkurranse, for å utvikle de tekniske og taktiske aspektene hos en utøver.

I alpint konkurreres det i fire hoveddisipliner: slalåm, storslalåm, Super-G og utfor, samt formater som parallellslalåm og kombinasjon. Vanligvis kategoriseres disiplinene som tekniske disipliner: slalåm, storslalåm og parallellslalåm - og fartsdisipliner: Super-G og utfor. Disiplinene er i stor grad ulike med tanke på fart, løypelengde, varighet og antall svinger (Gilgien et al., 2018b; Hydren, Volek, Maresh, Comstock & Kraemer, 2013). Det er vanlig for en utøver å gjennomføre 2-12 nedkjøringer per treningsøkt for de tekniske disiplinene og 2-8 nedkjøringer i fartsdisiplinene (Gilgien et al., 2018b). De fire hoveddisiplinene har ulik varighet, gjennomsnittsfart og maks fart (gjennomsnittsfart/maks fart): utfor (121 sek., 94/150 km/t), Super-G (93 sek., 86/110 km/t), storslalåm (77 sek., 65/85 km/t) og slalåm (52 sek., 54 km/t) (Gilgien et al., 2018b). Tidsbruken i ulike posisjoner er i stor grad forskjellig i de ulike disiplinene. Prosent av en nedkjøring brukt i hocke-posisjon for de ulike disiplinene er: utfor

(36,8 %), Super-G (16,2 %) og storslalåm (1,8%) (Gilgien et al., 2018b). Denne forskjellen skyldes ulikt portoppsett som sørger for en forskjell i prosent av nedkjøringen som brukes til å svinge: utfor (54,84 %), Super-G (79,37 %) og storslalåm (92,8 %) (Gilgien et al., 2018b). Dette skyldes også et ulikt antall svinger per nedkjøring: Super-G (28 svinger), storslalåm (37 svinger) og slalåm (55 svinger) (Gilgien et al., 2018b). Kraften som en utøver må stå imot i disse svingene er i de ulike disiplinene for en nedkjøring (median \pm IKD): utfor ($1,21 \pm 0,53 \cdot$ kroppsvekt (KV)), Super-G ($1,42 \pm 0,86 \cdot$ KV) og storslalåm ($1,46 \pm 1,04 \cdot$ KV). For Super-G og storslalåm er den gjennomsnittlige tidssyklusen for en sving 2,28 sekunder (Super-G) og 1,47 sekunder (storslalåm). Hvis man kjenner tid brukt i sving og kraften i en sving er det også mulig å se på impuls som det er gjort i studier tidligere: utfor (173,4 kKV), Super-G (153,0 kKV) og storslalåm (124,3 kKV) (Gilgien et al., 2018b).

I tillegg til de tekniske aspektene er alpint en idrett som utfordrer så å si alt av fysiske egenskaper hos en utøver: styrke, power, koordinasjon, balanse, anaerob og aerob kapasitet og mobilitet (Gilgien et al., 2018b; Hydren et al., 2013; Neumayr et al., 2003; Polat, 2016). Alle disse egenskapene trenes på gjennom hele sesongen, noe som sørger for et komplekst treningsprogram med ulike fokus og treningsformer (Gilgien et al., 2018b). Når tilgangen på snø er liten fokuseres det i størst mulig grad på egenskaper som påvirker prestasjonen eller er skadeforebyggende (Fasel et al., 2016). Styrke er spesielt viktig for å kunne motstå kreftene som genereres i en sving og styrketrening blir derfor i stor grad prioritert å trene gjennom hele året (Berg & Eiken, 1999; Hydren et al., 2013), og for å senke faren for skade (Raschner et al., 2012). God styrke gir mulighet til å kontrollere skiene i høy fart, under stor kraft og i varierende ytre forhold. Alt dette er nødvendig for å få optimal sving-teknikk, noe som er kritisk for å oppnå størst mulig fart og opprettholde farten gjennom løpet (Hydren et al., 2013). Den aerobe kapasiteten til en utøver er i noen grad knyttet til prestasjon på elitenivå (Neumayr et al., 2003), men kanskje den viktigste påvirkningen den kan ha er på hvor mye anaerob trening, styrke og muligens trening på snø en utøver tolererer (Gilgien et al., 2018b).

En alpinutøver trener vanligvis 14 til 21 timer fordelt over 10 til 14 treningsøkter i løpet av en uke utenom konkurranseperioden (Gilgien et al., 2018b). For forberedelsesperioden hvor det også trenes på ski er en typisk treningsuke som følgende (Gilgien, et al., 2018b): 5-9 økter på ski/teknikktraining, 3-7 økter med aktiv restitusjon, 1-2 økter med intervaller, 0-1 økt med maksimal/eksplosiv styrketrening for underekstremiteten, 0-1 økt med annen idrett eller

aktivitet sammen med laget og 2-7 økter med mobilitets- og stabilitetstrening (treningene som ikke er på ski blir vanligvis kalt barmarkstrening i alpint).

For perioden før dette (forberedelsesperiode uten skikjøring) er det et større fokus på styrketrening, aerob og/eller anaerob kapasitet, med ulik periodisering (Gilgien et al., 2018b). For alpint er deler av problematikken rundt belastningsmonitorering denne varierte sammensetningen av treningsaktiviteter, som alt må dokumenteres for å få oversikt over totalbelastning. I tillegg kommer andre påvirkninger på totalbelastningen som reise, høyde på treningene, psykisk tilstand, sponsorforpliktelser og liknende.

Det er i alpint begrenset med muligheter for å trene på snø gjennom hele året, noe som gjør at den treningen som gjennomføres på snø er veldig viktig (Gilgien et al., 2018b). Allikevel er det mange som ikke måler treningsbelastningen for denne delen av treningen til en utøver på en reliabel og valid måte. Mye av dette har med at de ferdighetene som trenes på under trening på snø er vanskelig å kvantifisere, både på grunn av teknologiske utfordringer, og på grunn av krevende varierende ytre forhold. Siden teknologien stadig blir bedre og metodene å måle treningsbelastning på er flere er det nå kanskje mulig å kvantifisere denne delen av treningen. Først og fremst vil det være en fordel for den enkelte utøver som vil nyttiggjøre seg av et treningsprogram som i større grad tar hensyn til den totale belastningen. I tillegg vil det være svært interessant og viktig med tanke på å kunne lære av og dokumentere hvordan de ulike faktorene i de ulike fasene påvirker utøveren.

2.3 Metoder for å kvantifisere treningsbelastning

Det finnes mange ulike systemer for å kvantifisere både den interne og eksterne belastningen hos en utøver, derfor er det nødvendig å ta stilling til hvilke egenskaper et system må inneha for å kunne måle totalbelastningen i idretten. I Halson (2014) sin review-artikkel har hun samlet det hun mener er nøkkelegenskaper for et bærekraftig monitoreringssystem for idrett: brukervennlig/intuitivt, effektiv generering av rapporter, kan brukes med og uten internett (med andre ord brukes effektivt hvor som helst), det skal være mulig å hente ut enkle datapunkter som effektstørrelse, systemet bør være fleksibelt og adapterbart for ulike idretter og utøvere, identifisering av forandring skal være enkelt og effektivt, burde inkludere en evaluering av kognitiv funksjon og burde kunne gi individuell- og gruppe-respons. Siden det i andre idretter er blitt brukt ulike monitoreringssystemer i lengre tid, er det hensiktsmessig å se hva de har gjort for å få mest mulig nytteverdi.

2.3.1 Monitoreringsmetoder i ulike idretter

Det har i mange tiår vært en gradvis økende interesse rundt å analysere idrett med et veldig stort fokus på lagidrett (Di Salvo et al., 2007). De mest populære systemene var i første omgang videobaserte systemer (Cardinale & Varley, 2017). Hovedgrunnen til at dette var fordi det tok utgangspunkt i teknologi som mange klubber allerede hadde tilgang til (kameraer), og det ble sett på som en fordel at utøveren ikke måtte ha en enhet på kroppen (Cardinale & Varley, 2017). Hovedproblemet med disse systemene er at algoritmene som «tracker» en spiller ikke er full-automatiske og krever en del manuell justering (Leser et al., 2011). Dette gjorde at lokale posisjoneringssystemer (LPS) hovedsakelig i form av radiosignal-systemer og globale navigasjonssystemer (GNSS - Global Navigation Satellite System) ble populært, og siden 2000 har det i større og større grad blitt vanlig å bruke LPS (Leser et al., 2011) og GNSS (Dellaserra et al., 2014). Målet med disse systemene er i stor grad å kunne monitorere den eksterne belastningen hos utøvere og se på taktiske valg gjort under kamper (Halson, 2014).

Radiosignalbaserte LPS fungerer slik at det festes en mottaker på utøveren og settes opp en eller flere sendere i nærheten. Mottakeren mottar signal fra sender/senderne og ut fra dette signalet brukes vanligvis avstand fra sender til mottaker («time of arrival») eller vinkel fra sender til mottaker («angle of arrival») til å beregne posisjon (Leser et al., 2011). Dette gjør at antallet sendere som blir brukt og plasseringen av disse senderne påvirker nøyaktigheten på en måling (Luteberget, Spencer & Gilgien, 2018).

For å unngå å måtte sette opp et lokalt posisjoneringssystem, eller hvis treninger foregår på mange ulike lokasjoner, kan det være hensiktsmessig å bruke GNSS som posisjoneringssystem (Dellaserra et al., 2014). GNSS fungerer relativt likt som LPS, men hovedforskjellen er senderen. For GNSS er det satellitter som sender signalet som enheten skal motta, og «time of flight» brukes for å regne ut posisjon. Problemet med GNSS har vært posisjonsnøyaktigheten, presisjonen, opptaksfrekvensen til systemene (Leser et al., 2011), og at GNSS bare kan brukes ute fordi det er avhengig av tilgang på satellitter.

Det vanlige for både LPS- og GNSS-enheter brukt i lagidrett er at de ofte er kombinert med en IMU (Inertial Measurement Unit) (Dellaserra et al., 2014; Leser et al., 2011), som består av et akselerometer, magnetometer og gyroskop. Dette gir muligheter til å måle krefter direkte fra enheten (akselerometer) og se på orienteringen til enheten (magnetometer og gyroskop).

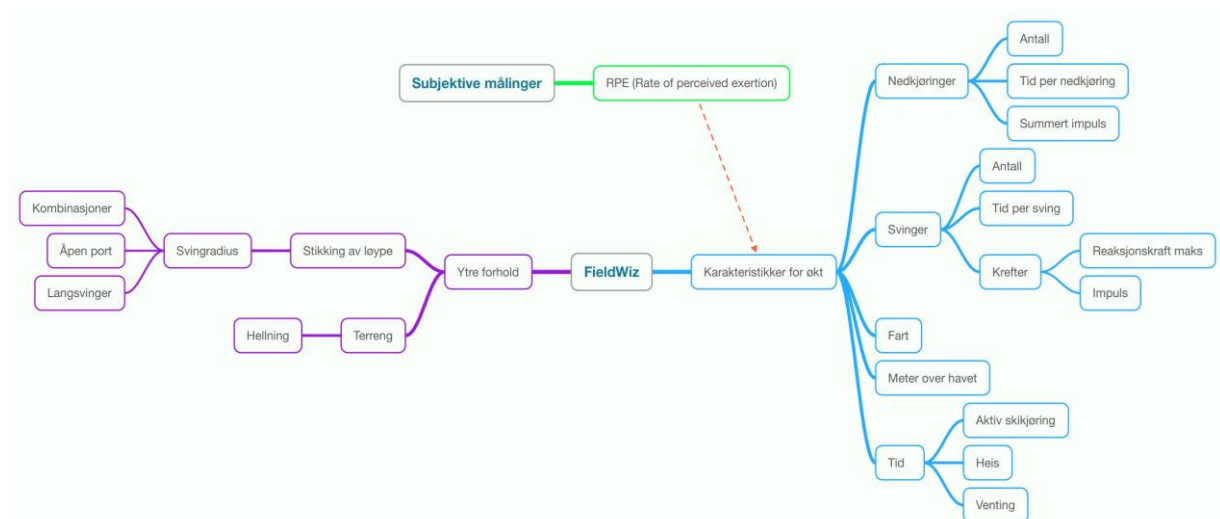
Flere kommersielle aktører har inntatt markedet og selger ulike GNSS og/eller LPS løsninger med eller uten IMU som kan samle inn data for hver enkelt utøver over en hel sesong. Mange av disse enhetene er vist å ha en relativt god reliabilitet og validitet for målinger i blant annet fotball (Portas, Harley, Barnes & Rush, 2010), håndball (Luteberget et al., 2018) og cricket (Petersen, Pyne, Portus & Dawson, 2009). Disse og andre monitoreringssystemer er derfor blitt relativt utbredt i lagidrett (Halson, 2014), hvor blant annet Catapult reklamerte i 2019 med at over 2500 lag brukte deres ulike monitoreringssystemer (Catapult reaches milestone of 2.500 clients, 2019).

2.3.2 Monitorering i alpint

I alpint har de vanligste metodene for å analysere prestasjon og belastning vært en kombinasjon av videoanalyse, bruk av fotoceller (Supej et al., 2020) og opplevd belastning fra utøver (R. Reid, personlig kommunikasjon, 4. juni 2019). Det er flere problemer med bruk av disse metodene. Videoanalyse brukes vanligvis kvalitativt og gir dermed ikke objektive data - med mindre det brukes avanserte algoritmer til å tracke utøveren under løpet. Problemet med å bruke tracking-algoritmer er som tidligere nevnt at dette er veldig tidkrevende og det er nødvendig med gode kameravinkler av hele løpet for en komplett analyse. Fotoceller som gir mellomtid eller totaltid gir ingen forklaring på prestasjon, og sier lite om belastning. Opplevd belastning er generelt problematisk å bruke til å måle treningsbelastning uten data om ytre belastning fra samme tidsintervall (Bourdon et al., 2017). I alpint er det nødvendig at et fullverdig system oppfyller fire krav. For det første må systemet være mobilt, på grunn av mye reising og trening på ulike lokasjoner. For det andre må det være robust, tåle kulde, fukt og mye reising. For det tredje må systemet være nøyaktig; kunne skille mellom små forskjeller mellom utøvere. For det fjerde må det være enkelt å bruke, siden trener har mye å gjøre i utgangspunktet. Dette er hovedgrunnene til at GNSS nå blir brukt i alpint i stor grad til prestasjonsanalyser (Supej et al., 2020).

Om man kunne adaptere en GNSS/IMU-basert monitoreringsløsning fra lagidrett til å kartlegge daglig trening i alpint ville det vært et stort skritt for daglig kvantifisering av treningsbelastning. Det er dessverre ikke slik at de kommersielle systemene som allerede eksisterer for lagidrett uten videre arbeid kan brukes for alpint, fordi det er andre belastningsparametere som er interessante. Parameterne som allerede er foreslått i tidligere forskning: maksimal reaksjonskraft, reaksjonskraft i sving, kinetisk energi, impuls, tid i ulike posisjoner, total tid for en nedkjøring og antall svinger (Gilgien et al., 2018a; Gilgien, Spörri,

Chardonnens, Kröll & Müller, 2013; Gilgien, Spörri, Limpach, Geiger & Müller, 2014) må derfor testes ut over lengre tid, og det er nødvendig å finne en praktisk gjennomførbar metode som gir utøvere og trenere de dataene de trenger. I samarbeid med alpinlandslaget ble det laget et forslag til parametere som ville være interessante å kvantifisere på daglig basis med tanke på beregning av treningsbelastning og karakterisering av treningene, disse er oppsummert i figur 2. Alle parameterne i figur 2 er mulig å regne ut basert på posisjon, men kvaliteten og opptaksfrekvensen på GNSS-dataen bestemmer hvilke parametere som er valide å regne ut. Antall nedkjøringer, svinger, meter over havet, tid brukt på aktiv skikjøring, tid i heis og tid mellom hver nedkjøring er alle mulig å kvantifisere med relativt enkel GNSS-teknologi med lav opptaksfrekvens, mens krefter og ytre forhold trenger høyere kvalitet på GNSS-data og høyere opptaksfrekvens (Wägli, 2009).



Figur 2 viser parametere som er hensiktsmessig å bruke til kvantifisering av trening i alpint. Figuren er utviklet i samarbeid med Robert Reid (alpinlandslaget).

Som tidligere nevnt blir IMU i større og større grad brukt for å komplimentere GNSS-målinger. Det er også gjort flere prosjekter for bruk av IMU alene i alpint, blant annet for å telle svinger (Martínez et al., 2019a; Martínez et al., 2019b), se hvordan vibrasjoner påvirker belastning (Spörri, Kröll, Fasel, Aminian & Müller, 2017) og hvordan vibrasjoner påvirker belastning i korsryggen (Supej, Ogrin & Holmberg, 2018). IMU er også blitt brukt alene for å se på eksterne krefter med moderate resultater (Yu et al., 2016). Problemet med bruk av IMU alene er at de ikke måler posisjon direkte, dette gjør at akselerasjon i det lokale koordinatsystemet må transformeres til et globalt system, jordas gravitasjon må fjernes og så må det integreres to ganger for å kunne regne på posisjon (Fasel, Gilgien, Spörri & Aminian, 2018), noe som er vist å ha en validitet som er ubrukelig for alpint (Wägli, 2009). Dette gjør

at FieldWiz sin IMU som er en low-end IMU, hovedsakelig er interessant med tanke på å måle akselerasjon. IMU har mulighet til å oppdage høyfrekvente krefter i større grad enn GNSS på grunn av høyere opptaksfrekvens. Problemet med bruk av IMU-enheten til FieldWiz er den anbefalte plasseringen på utøveren, på grunn av GNSS-antennen. Spörri et al. (2017) viste i sitt forsøk at plassering av en IMU over hofteløddet sørget for en redusert evne til å måle frekvenser over 10 Hz. Siden FieldWiz er avhengig av en posisjon høyt oppe på ryggen vil kreftene som er mulig å måle med en IMU på denne plasseringen være de samme som er mulig å måle med GNSS. Den kanskje største fordelen ved bruk av IMU i kombinasjon med GNSS er muligheten til å kvantifisere parametere som kan utledes fra akselerometeret når GNSS-signalet er dårlig. I lagidrett er det blitt populært å måle PlayerLoad for å beskrive og kvantifisere ekstern belastning (Chambers, Gabbett, Cole & Beard, 2015; Roe, Halkier, Beggs, Till & Jones, 2016), som også kunne vært aktuelt å bruke i alpint. PlayerLoad er en parameter som ser på belastning basert på akselerasjonsforandringer, som enten måles momentant eller akkumulert over en treningsøkt. Ved bruk av PlayerLoad eller en annen IMU-basert belastningsparameter i alpint vil det sørge for at det alltid er mulig å beregne en form for belastning selv under krevende måleforhold for GNSS.

Utenom fordelene som går direkte inn på måling av treningsbelastning er det andre fordeler ved å bruke et slikt posisjoneringssystem over lengre tid. Det vil gi mulighet til å fange opp ytre faktorer, det vil si faktorer som prosent helning, svingradius, snøkvalitet og løypestikking. Dette vil kunne gi et stort konkurransefortrinn siden alpint er en taktisk og teknisk øvelse som foregår under nye omstendigheter, med ny løypestikking hver omgang. Det vil da være mulig å se på forskjeller i hvordan treninger er lagt opp i forhold til konkurranse, hvordan de ulike trenerne stikker løype og hva som trenes mest og minst på i løpet av en sesong. Det vil også være mulig å se på svakheter hos enkelte utøvere i forhold til disse faktorene og i forhold til andre utøvere. Hvis et slikt system kan være med på å finne svakheter i treningsopplegget både individuelt og som lag vil dette være et stort taktisk fortrinn. Noen av disse faktorene er også med på å bestemme selve treningsbelastningen, og det vil derfor være interessant selv om de taktiske faktorene ekskluderes.

2.4 GNSS-teknologi

I motsetning til i lagidrett foregår ikke alpint på en horisontal bane med en begrenset utstrekning og en analyse må ofte gjennomføres i tre plan (3D) i motsetning til to plan (2D). I tillegg er alpint en idrett som i stor grad foregår på ulike lokasjoner, med ulikt portoppsett,

ulikt terreng, i høy fart og i flere ulike disipliner (Gilgien et al., 2013). Dette gjør at det stilles store krav til et posisjoneringssystem med tanke på nøyaktighet, presisjon og opptaksfrekvens hvis det skal være mulig å gjøre analyser av linjevalg eller kvantifisere treningsbelastning (Wägli, A., 2009). Fordelen med å bruke GNSS som posisjoneringssystem i alpint er som tidligere nevnt å være uavhengig av at et lokalt posisjoneringssystem må settes opp. En utfordring med bruk av GNSS er at det er nødvendig med klar luftlinje mellom mottaker og satellitt for å få et godt satellittsignal. Redusert satellittsignal har direkte påvirkning på nøyaktigheten til posisjonsberegningene, fordi nøyaktigheten er avhengig av antallet satellitter og plasseringen av disse satellittene på himmelen (Li et al., 2015). Et absolutt minstekrav for å beregne posisjon er tilgang på fire satellitter, og nøyaktigheten øker med økende tilgang på satellitter (Li et al., 2015). Det er derfor en fordel å benytte GNSS-enheter som kan motta signal fra ulike GNSS (Navstar GPS, GLONASS, BeiDou eller Galilei), for å øke antallet satellitter det er mulig å motta signal fra (Li et al., 2015).

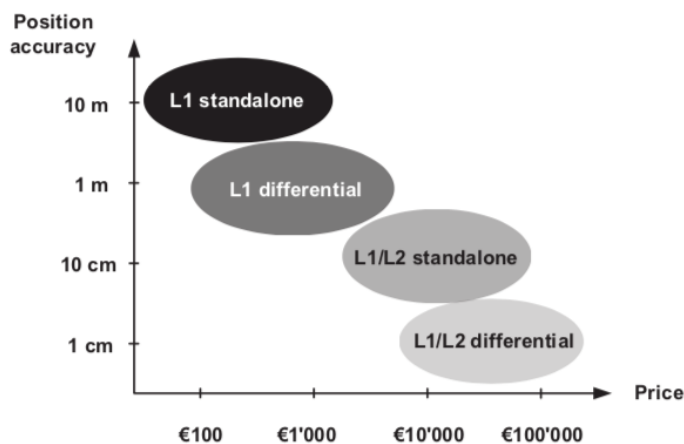
Utfordringen med å få et godt satellittsignal i alpint skyldes hovedsakelig trær langs løypa, terreng og broer som hindrer fri luftlinje mellom satellitt og mottaker, noe som hindrer overføringen av et GNSS-signal (Gilgien, Spörri, Limpach, et al., 2014). Skibakker i nordhelling på den nordlige halvkule og sørhelling på den sørlige halvkule, kan gjøre at terrenget skygger for satellittene (Gilgien et al., 2014b). Disse utfordringene gjelder for alle ulike prosesseringsmetoder med GNSS og påvirker nøyaktigheten til posisjonsdataen (Gilgien et al., 2014b). Nøyaktigheten til et GNSS bestemmes hovedsakelig av fem faktorer: antenne, GNSS chip, hvilket/hvilke GNSS som brukes, prosesseringsmetode og hvilken/hvilke GNSS-frekvens som brukes (L1/L2) (Madry, 2015). For øyeblikket er det tre fullverdige GNSS som kan brukes: BeiDou, Navstar GPS og GLONASS (Gløersen et al., 2018; Madry, 2015). I tillegg blir Galileo ferdigstilt i løpet av året 2020, og det kan allerede brukes (European GNSS Agency, 2020, «When will Galileo reach the FOC», avsn. 1). Til sammen gir dette ca. 100 satellitter som er tilgjengelige ved bruk av alle fire systemene (Li et al., 2015). Nøyaktigheten og presisjonen til GNSS-løsninger blir høyere og mer stabilt over tid ved at det er mulig å motta signal fra flere satellitter samtidig (Li et al., 2015), noe som også vil gjøre det mulig med mer nøyaktige og presise målinger i idrett (Gilgien et al., 2014b).

2.4.1 Bruk av GNSS og IMU i alpint

Flere ulike forskere har sett på hvordan det er mulig å måle kinematikk og kinetikk med ulike GNSS-enheter og IMU-enheter både hver for seg og sammen (Fasel et al., 2015, 2016;

Gilgien et al., 2018a; Supej et al., 2020; Wägli & Skaloud, 2009). GNSS har blitt brukt til blant annet å måle parametere som: impuls, reaksjonskraft (maks i sving og total), tid brukt i sving, tid brukt i hocke posisjon og liknende for å kvantifisere kravene i de forskjellige disiplinene i alpint (Gilgien et al., 2018a) og se på ulikheter i ulike grener i forhold til skaderisiko (Gilgien et al., 2014b). IMU har blant annet blitt brukt til å se på vibrasjoner i korsryggen i forbindelse med overbelastning (Spörri et al., 2017) og analysere svinger og svingoverganger (Yu et al., 2016). Sammen er de blitt brukt for eksempel av Fasel et al. (2016) til å korrigere GNSS signal ved å sette en kraftig magnet i porten som IMU-enheten reagerer på eller de er blitt brukt sammen som et Inertial Navigation Systems (INS) for å kunne korrigere hverandre (Wägli, 2009).

Adrian Wägli (2009) har i sin doktorgrad skrevet om hvordan man kan bruke GNSS og IMU til å finne linjevalget til en alpinutøver med ulike typer GNSS-løsninger. I Figur 3 vises en oversikt over hvordan Wägli har rangert pris mot nøyaktigheten og presisjonen til måleinstrumentene i fire ulike kategorier.



Figur 3 viser forholdet mellom nøyaktighet og pris for ulike GNSS modeller. Figuren er hentet med tillatelse fra Wägli, A. (2009).

Et av de største problemene med måling med GNSS er at mottakeren må festes på utøveren. Dette gjør at det stilles høye krav til størrelse og vekt, både med tanke på sikkerhet for utøverne, men også slik at det ikke påvirker hvordan treningen eller konkurransen gjennomføres. Målet er å ha høyest mulig ekstern validitet, og en for stor enhet vil påvirke den eksterne validiteten negativt. Størrelse er blitt et mindre og mindre problem ettersom mottakerne er blitt mye mindre (Cardinale & Varley, 2017; Wägli, 2009). Problemet med å gjøre GNSS-mottakere mindre er vanligvis at prisen øker kraftig eller kvaliteten på

komponentene senkes, men generelt har prisen gått nedover for GNSS-mottakere. Prisen for L1/L2 mottakere er fortsatt høy, og det er disse mottakerne som er de mest nøyaktige. Det er ikke nødvendigvis den dyreste og mest presise mottakeren som må brukes, men den må samle inn tilfredsstillende reliable og valide data på de parameterne som blir valgt ut som aktuelle for enhver klubb eller lag. Siden disse parameterne kan være ulike for hver gruppe vil det være ulike krav til nøyaktighet med tanke på posisjoneringssystemet som blir brukt. Det er blitt vist at med L1/L2 differensiell GNSS (dGNSS) kan man i alpint ha en nøyaktighet på ca. 5 cm (Gilgien, Spörri, Chardonens, Kröll, Limpach & Müller, 2015; Gilgien, Spörri, Kröll, Crivelli & Müller, 2014), med 20 Hz og 50 Hz, noe som er blitt funnet som mer enn tilfredsstillende for å samle inn nødvendige data selv for prestasjonsanalyse i alpint. Den eneste forskjellen ved å senke innsamlingsfrekvensen fra 50 Hz ned til 20 Hz er at mål på maks kraft blir noe påvirket, siden den kan havne mellom to målinger med en lavere frekvens (Wägli, 2009). Disse systemene er dessverre avhengig av en ekstra basestasjon siden det er et differensialsystem, og er såpass stort at det trengs en liten sekk eller liknende for å feste det på utøveren.

En enklere mulighet enn å benytte dGNSS er å bruke en ”standalone”-løsning. Det vil si at den bare benytter seg av GNSS signalene fra satellitter, uten en ekstra basestasjon som tar opp referansemålinger som brukes til å beregne differensiell posisjon. Problemet med GNSS som ikke er differensiell, men brukt som standalone enhet er at den har en betydelig lavere nøyaktighet (Gilgien et al., 2015; Gilgien et al., 2014b). L1/L2 mottakere ser ut til å være nødvendig for å kunne oppnå best mulig signal hvis en differensiell løsning ikke skal brukes (Wägli, 2009). Hvis målet er å hente ut data om fart, akselerasjon og belastning trengs ikke den samme nøyaktigheten som hvis det skal gjøres en analyse av linjevalg (Wägli, 2009), noe som muligens ikke er nødvendig for å kvantifisere treningsbelastningen. Siden L1/L2 mottakere fortsatt er relativt dyre, er det i denne oppgaven valgt å undersøke validiteten til FieldWiz som er en standalone L1 mottaker for å om det er tilstrekkelig til å måle belastning og beskrive trening. Prisen på denne enheten gjør at den er aktuell å kjøpe for et større spenn av utøvere og på flere nivåer.

3. Metode og materiale

3.1 Forsøkspersoner og protokoll

All data som er presentert i studien er på alpint og er delt inn etter frikjøring eller trening i løype. For frikjøring ble det samlet inn data en dag på Norefjell, en dag på Tryvann og to dager i Innichen (Italia). Treningen i løype ble gjennomført over to dager på Juvass i Norge. Det ble rekruttert tre forsøkspersoner. Data for forsøkspersoner er presentert i tabell 1. Alle forsøkspersonene gav skriftlig samtykke om deltakelse i prosjektet (Vedlegg 2). Studien er godkjent av den etiske komité på Norges Idrettshøgskole (Vedlegg 1).

Tabell 1 viser deskriptive data om forsøkspersonene i studien. kg = kilogram. cm = centimeter.

	Juvass	Innichen	Tryvann og Norefjell
Nivå	Europa Cup	Tidligere FIS utøver	Øvet amatør
Alder [år]	24	24	44
Vekt [kg]	86	70	72
Høyde [cm]	182	176	180

Siden målet med systemet er at det skal brukes under trening, ble datainnsamlingene på Juvass gjennomført som en hvilken som helst annen trening. For de to dagene på Juvass kjørte utøveren en blanding av super-G og storslalåm begge dagene på porter satt opp av et trenersteam. Løypene satt opp av trenersteamet ble endret mellom dag 1 og dag 2. Videre i oppgaven når det refereres til treningsdata er det derfor snakk om data fra Super-G og storslalåm fra de to treningsdagene på Juvass, trening inkluderer dermed ikke disiplinene slalåm og utfor. Den eneste forskjellen fra en vanlig trening for utøveren var at systemet måtte festes til utøveren før treningen startet, og tas av etter treningen var fullført. For å minimere denne påvirkningen ble det valgt to treningsdager hvor det enkelt lot seg gjøre å ta målinger samtidig. For frikjøringen ble det ikke gitt noe spesifikke instruksjoner og forsøkspersonene gjennomførte en vanlig dag med aktiv skikjøring. Det vil si at datasettene fra frikjøring inkluderer store variasjoner i hva slags teknikk og disiplin som er kjørt.

Før innsamlingene startet ble ASI-enhetene skrudd på og plassert under åpen himmel. Der lå de stille i 15 minutter for å gi god tid til innhenting av GNSS signal. Det samme ble gjort for

både rover og basestasjonen til referansesystemet. Deretter ble utstyret festet på utøver. Sekken ble ikke fjernet fra utøverne før skikjøringen var over, men for trening i løype ble FieldWiz-enhetene byttet ut underveis for å sikre at enhetene ikke gikk tom for batteri.

3.2 Materiale

3.2.1 High-end GNSS brukt som referanse

Referansesystemet består av en antenne (G5Ant-2AT1, Antcom, USA) og en GPS NAVSTAR/GLONASS L1/L2 mottaker (Alpha-G3T, Javad, USA) som måler posisjon med en mulig innsamlingsfrekvens på opptil 100 Hz. Under forsøkene ble opptaksfrekvensen til referansesystemet satt til 20 Hz. En 6 mm tykk BNC/BNC biaxial kabel var koblingspunktet mellom mottakeren og antennen. Det ble benyttet borrelås for å feste antennen til hjelmen til utøveren. Det ble også satt opp en basestasjon med antenne (GrAnt-G3T, Javad, USA) og mottaker (Alpha-G3T, Javad, USA) i nærheten av treningstraséen under åpen himmel for å kunne gjøre differensiell post-prosessering for referansesystemet.

3.2.2 FieldWiz

Enheten som er blitt testet er en FieldWiz (Advanced Sports Instruments, Sveits)(firmware: ASI 4015) som bruker L1 frekvens til å gjøre opptak av GNSS signaler fra fire ulike satellittsystemer: GPS, Galileo, GLONASS og BeiDou, med en opptaksfrekvens på 10Hz. Den har også mulighet for opptak med IMU med 200Hz og hjertefrekvens. Enheten har dimensjonene 65mm x 35mm x 15mm og veier 35 gram.

3.2.3 Skiutstyr

Utøverne brukte sitt eget utstyr under testingen, og stod fritt til å bytte utstyr underveis. Utstyret som ble brukt under treningsdagene i løype var innenfor FIS sitt reglement for utstyr.

3.2.4 Festing av utstyr

FieldWiz og referansesystemet ble plassert i en liten sekk på ryggen til utøveren. Antennen til referanse-systemet ble plassert på toppen av hjelmen til utøveren, med en ledning ned til sekken. FieldWiz-enhetene ble festet til mottakeren til referansesystemet i sekken. FieldWiz festes vanligvis i en egen «Wiz shirt» på øvre del av ryggen, FieldWiz ble derfor plassert i sekken siden det er nærme den anbefalte posisjonen fra ASI. Det er dermed en avstand på cirka 45 ± 5 cm fra antennen til referansesystemet og til antennen til FieldWiz når forsøkspersonene står oppreist. For å feste enhetene til sekken og antennen til hjelmen ble det

brukt kraftig borrelås. Det ble brukt to enheter under forsøkene på trening i løype for å kunne gjøre tester for inter-device reliabilitet mellom enhetene. For å unngå at sekken flyttet på seg fikk utøveren en startvest på overkroppen som ble trukket over sekken.

3.3 Dataprosessering

3.3.1 Referansesystemet

All post-prosessering av referansedata ble gjort i Justin (JAVAD, USA) som bruker JAVAD sin egen kinematiske algoritme. Differensiell posisjon ble forsøkt beregnet for hele datasettet. I Justin blir datasettet markert når det kan beregnes en differensiell løsning og ikke, dette ble brukt videre i analysen for å bestemme hvilke tidsintervaller som skulle inkluderes i datasettet.

3.3.2 FieldWiz

For å få tilgang til rådataene til FieldWiz ble det brukt en programvare som utelukkende var en nedlastningsløsning (ASI Downloader V0.10), all data bortsett fra i Innichen ble lastet ned med denne løsningen. Data fra Innichen ble lastet ned med FieldWiz sin dokkingstasjon, forskjellen på nedlastningsløsningene er hvilke rådataer som er tilgjengelige. For analysen påvirket dette et av målene på vertikal posisjon (høyde over ellipsoide) og PDOP (position dilution of precision), som ikke ble tilgjengelig for datainnsamling i Innichen. Alt av analyse i etterkant er gjort i MatLab R2019b (The MathWorks, USA).

3.3.3 Transformering og synkronisering

ASI bruker World Geodetic System (WGS) som standard for posisjonsdataene, noe som vil si at posisjonen oppgis i grader. Dette ble transformert til UTM-koordinater (Universal Transverse Mercator) ved hjelp av «Geodetic transformation toolbox» i MatLab utviklet av Mike Craymer (2020, hentet fra <https://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/15285-geodetic-toolbox>). UTM-koordinatene baserer seg på kartprojeksjoner som gir posisjonen i et kartesisk koordinatsystem, noe som gjør det mulig å gjøre parameterberegninger i SI-enheter.

Både referansesystemet og FieldWiz gir mulighet til å hente ut GPS-tid på ulike måter. For å tidssynkronisere enhetene for sammenlikning ble tidsparameterne omgjort til en kontinuerlig tidskode (GPS-tid siden 1980) i post-prosesseringen.

3.3.4 Datainklusjon

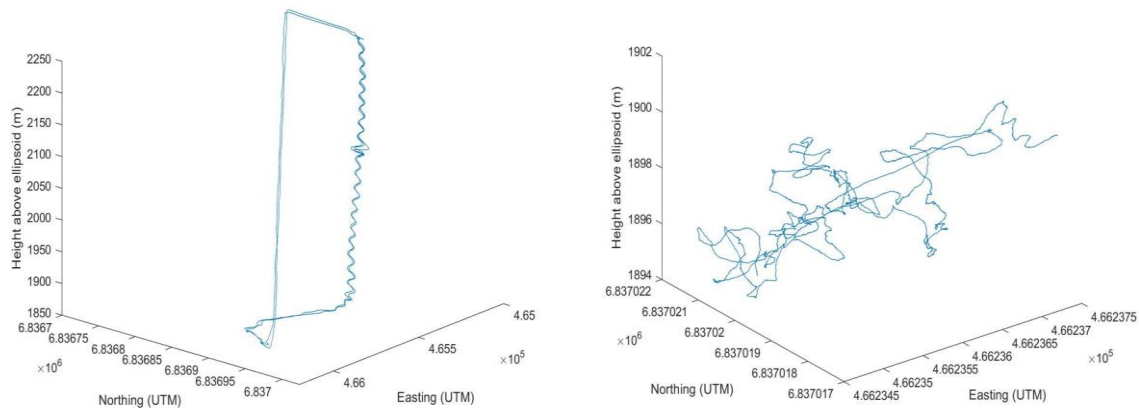
Siden målet med studien er å se på validiteten til enheten for bruk i alpint ble det skrevet en kode for å detektere start og slutt for «aktiv nedkjøring». Grensene for koden ble satt til at enhetene måtte ha beveget seg nedover kontinuerlig i mer enn 10 sekunder og at farten måtte ha oversteget 5 m/s etter 5 sekunder og 10 m/s etter 10 sekunder etter start. En start var definert som når farten gikk over 0.25 m/s med en negativ vertikal posisjonsendring. Grensene ble satt for å unngå å få med nedkjøringer som var å skli løypa, oppvarming med veldig spesifikke saktegående øvelser, tid i heis, venting og liknende. For frikjøring ble fartsgrensene satt til 4 m/s etter 5 sekunder og 8 m/s etter 10 sekunder. Dette ble gjort fordi frikjøring ikke er like aggressiv som trening i løype. Deretter regnet koden fremover i datasettet for å finne sluttidspunktet. Sluttidspunktet ble satt til når farten gikk under 1 m/s etter de andre kriteriene hadde vært oppfylt.

Koden ble kjørt på FieldWiz dataene for å finne hvilke deler av datasettet som skulle inkluderes. Referansedataene ble deretter hentet ut for de samme tidsintervallene. For å kunne validere mot en referanse med sub-desimeter posisjonsnøyaktighet ble bare tidspunktene hvor referansesystemet klarte å beregne differensiell posisjon inkludert (Gilgien et al., 2015; Gilgien et al., 2014a). Hvis dette sørget for at lengden på noen datasett ble under 15 sekunder ble de ekskludert. Nedkjøringer er derfor videre definert som sekvensen av et run hvor det var mulig å beregne differensiell posisjon. Til sammen ble totalt 14'132 av 104'059 datapunkter (13.6%) ekskludert på grunn av mangel på differensiell posisjon eller for kort nedkjøring. Oversikt over fjernede datapunkter: Tryvann = 4730 av 8576, Norefjell = 1401 av 9563, Innichen = 8001 av 50795, Juvass = 0 av 35125. PDOP fra FieldWiz ble for de samme tidsintervallene brukt for å kunne beskrive måleforhold, med unntak av datainnsamling på Innichen på grunn av ulik nedlastningsløsning som ikke ga tilgang til PDOP.

3.3.5 Inter-device reliabilitet

For trening i løype ble det samlet inn data med to FieldWiz-enheter samtidig for begge treningsdagene. På begge treningsdagene ble det brukt til sammen fire enheter, to før pause og to etter pause. For dag en hadde to enheter GNSS-data som var ubrukelige, det var absolutt ingen sammenheng mellom hvor FieldWiz hadde vært og posisjonsdataene som ble hentet ut fra enhetene (figur 4). Dag to var det samme problem med de to samme enhetene, og en tredje enheten sluttet å fungere underveis i forsøket. Dette førte til at det ikke var mulig å

gjennomføre reliabilitetstester fordi det ikke er brukbar data fra ulike FieldWiz enheter på samme tid.



Figur 4 viser posisjonsdata fra to FieldWiz-enheter i det samme tidsintervallet på Juvass dag 1. Plottet til venstre viser data fra en fungerende enhet og plottet til høyre viser data fra en defekt enhet hvor all data måtte forkastes.

3.3.6 Parameterberegning

FieldWiz samler inn GNSS data i 10Hz og referansesystemet i 20Hz og det ble derfor valgt en felles frekvens for å gjøre validitetsanalysene. 10Hz er for lav frekvens for å gjøre analyser på maksimal kraft i en sving (Wägli, 2009). Derfor ble FieldWiz dataene oppsamlet til 20Hz ved hjelp av en cubic spline interpolering over tidspunktene til referansedataene, dette er vist å fungere godt for parameterberegning i alpint på grunn av høy fart i alle disiplinene (Wägli, 2009).

Etter dataene var tidssynkronisert ble det gjort parameterberegning på begge datasettene.

Parameterberegningens algoritmer er utviklet for bruk av referansesystemet og ble uforandret brukt til å gjøre parameterberegningene også for FieldWiz data. Følgende parametere ble beregnet for å beskrive skitrening: fart (v), bremsende akselerasjon ($a_{\text{Bremsende}}$), impuls (a_{Impuls}), reaksjonskraft ($a_{\text{Reaksjonskraft}}$), resultantakselerasjon, svingradius og helning.

Fart og resultantakselerasjon er utregnet fra posisjonsderivasjon over 5 punkter, som er brukt i tidligere forskning (Gilat & Subramaniam, 2008), og på GNSS data i alpint (Gilgien et al., 2018a; Gilgien et al., 2015; Reid, 2010). Resultantakselerasjonen er summen av alle eksterne akselerasjonskrefter (gravitasjon, reaksjonskraften mot snøen (ski-snø friksjon) og luftmotstand). Hvis utøveren står i ro ($v = 0$ m/s) er resultantakselerasjonen null. Akselerasjon

som beskriver kreftene utøveren må jobbe mot, som beskriver det ytre arbeidet utøveren gjør mot omgivelsene er $a_{Reaksjonskraft}$, som innebærer luftmotstand og reaksjonskraft fra snøen. $a_{Reaksjonskraft}$ er 1 ganger kroppsvekt (KV) når utøveren står stille. a_{Impuls} beskriver den ytre belastningen over tid (Gilgien, Spörri, Kröll, et al., 2014) og ble regnet ut ved å integrere $a_{Reaksjonskraft}$ over tid:

$$a_{Impuls} = \int_{Slutt}^{Start} a_{Reaksjonskraft} \cdot dt$$

$a_{Bremsende}$ beskriver regulering av fart og er regnet ut ved å regne ut projeksjonen av $a_{Reaksjonskraft}$ på hastighetsvektoren:

$$a_{Bremsende} = \overrightarrow{a_{Reaksjonskraft}} \cdot \vec{v}$$

Alle akselerasjonsparameterne ble filtrert med 4Hz cut-off frekvens.

Helning er regnet ut fra vinkelen mellom hastighetsvektoren og horisontalen for hvert punkt. Helning er oppgitt i resultatene som grader for å gjøre det mer forklarende. For å finne den momentane svingradiusen er metoden til Robert Reid (2010) blitt brukt, den regner ut fra tre punkter: utgangspunktet (i), $i + 3$ og $i - 3$. Senter av denne sirkelen som disse tre punktene inneholder blir kalkulert ut ifra krysningspunktet mellom linjene vinkelrett fra linjen mellom i til $i + 3$, og i til $i - 3$. Svingradius blir deretter satt som avstanden fra senter av sirkelen til utgangspunktet (i). Til slutt er svingradiusen filtrert med et Butterworth-filter med 5Hz cut-off frekvens.

For å kunne analysere validiteten til FieldWiz for en svingsyklus ble datasettet også delt inn i svinger. Svinger ble avgrenset fra hverandre basert på svingoverganger. En svingovergang ble definert som når vinkelhastigheten gikk fra pluss til minus og omvendt. Svingoverganger ble beregnet for data for FieldWiz og referansesystem hver for seg for å analysere validiteten til svingovergangsberegninger på posisjonsdata fra FieldWiz. Svingovergangene detektert fra posisjonsdata fra referansesystemet ble brukt for å kunne se på a_{Impuls} , maksimal $a_{Reaksjonskraft}$ ($a_{Reaksjonskraft\ maks}$) og gjennomsnittlig svingradius for hver sving i de samme tidsintervallene for begge enhetene, noe som eliminerer mulig feil fra ulik oppdeling av datasettet i svinger.

3.4 Statistikk

All data ble undersøkt for normalfordeling i GraphPad Prism 8 (GraphPad Software, USA) og det ble brukt mål for spredning basert på dette. For data som var normalfordelt er det brukt gjennomsnitt og standardavvik som spredningsmål. I de fleste tilfeller er det presentert median og interkvartil differanse (IKD) fordi dataen ikke var normalfordelt. For median er 95 % konfidensintervaller oppgitt for både posisjon- og parameterberegninger. Mann-Whitney signifikanstest er blitt brukt for å se på signifikante forskjeller mellom parametere for trening i løype. Alle parametere er presentert i Bland-Altman plot bortsett fra svingradius som ble utelatt på grunn av for mange og store uteliggere.

For posisjon er differansen beregnet som euklidisk distanse mellom posisjoner for FieldWiz og referansesystemet. Horisontal differanse (Δ_{xy}) er regnet ut som hypotenusen til differansen i x og y retning i det kartetiske koordinatsystemet (Easting og Northing). Vertikal posisjonsdifferanse er beregnet med to ulike vertikale parametere for FieldWiz: meter over havet (z_{MOH}) og høyde over ellipsoide (z_{HOE}). Dette skyldes ulik nedlastningsløsning for datasett fra FieldWiz ved Innichen, som sørget for at z_{HOE} ikke var tilgjengelig. 3D posisjonsdifferanse er derfor også utregnet med to ulike mål for vertikal komponent ($\Delta_{xyz_{MOH}}$ og $\Delta_{xyz_{HOE}}$). 3D posisjonsdifferanse er regnet ut basert på Pythagoras' formel for 3 dimensjoner. Δ_{xy} og $\Delta_{xyz_{MOH}}$ er presentert som histogram for å vise spredning i datasettet.

For parameterberegningene er det beregnet median, IKD og maksimal differanse (Δ_{maks}) for den absolutte differansen mellom målt verdi med referansesystemet og FieldWiz for: fart, a_{Impuls} , $a_{Reaksjonskraft}$, $a_{Bremsende}$, svingradius og helning. Det ble gjort Chi-Square goodness of fit-tester på alle parameterberegningene for å se om fordelingene i datasettene var like for referansesystemet og FieldWiz. Absolutt differanse vil si at alle differanser er gjort om til å bli positive. Relativ differanse er utregnet som differanse mellom referansesystemet og FieldWiz som inkluderer både positive og negative verdier, det vil si at relativ differanse inkluderer over- og underestimering. Median for relativ differanse er presentert i histogrammene for hver enkelt parameter, bortsett fra helning og svingradius som er presentert i resultatteksten. Differansen mellom FieldWiz og referansesystemet er også beregnet i prosent for median, IKD og Δ_{maks} . Prosentutregning for Δ_{maks} er basert på største prosentvise differansen. Histogrammer ble laget for fart, a_{Impuls} , $a_{Reaksjonskraft}$ og $a_{Bremsende}$.

4. Resultater

4.1 Referanseverdier

For å karakterisere intensitet og egenart for de ulike øktene som er inkludert i studien er det i tabell 2 presentert deskriptive data for all data, trening, frikjøring, Juvass dag 1 og Juvass dag 2.

Måleforholdene for GNSS målt som gjennomsnittlig PDOP med standardavvik for all data fra FieldWiz var 1.23 ± 0.18 , med en maksverdi på 1.7. Ifølge definisjonen for PDOP er dette svært gode måleforhold.

Tabell 2 viser **deskriptive data** fra referansesystemet for all data, trening, frikjøring, Juvass dag 1 og Juvass dag 2. Differansen er oppgitt som median for ikke normalfordelte data. Antall målinger som inngår i datasett: All data ($n = 89927$), trening ($n = 35125$), frikjøring ($n = 55854$), Juvass dag 1 ($n = 22393$) og Juvass dag 2 ($n = 11732$). a = akselerasjon. s = sekunder. m = meter. KV = kroppsvekt. Gj = gjennomsnitt. SD = standardavvik. IKD = interkvartil differanse.

		All data	Trening	Frikjøring	Juvass dag 1	Juvass dag 2
Nedkjøringer		81	27	54	20	7
Tid med målinger [s]		4499	1706	2793	1120	587
Svinger		2852	844	2008	592	252
Svinger/nedkjøringer	<i>Gj.±SD</i>	35 ± 16	31 ± 10	37 ± 18	30 ± 10	36 ± 10
Tid/nedkjøring [s]	<i>Gj.±SD</i>	55.5 ± 25.1	63.2 ± 23.2	51.7 ± 25.4	56 ± 18.9	83.8 ± 23.2
v [m/s]	<i>Median</i>	11.48	12.85	11.30	12.22	13.69
	<i>IKD</i>	5.99	12.93	4.21	12.19	12.82
	<i>Maks</i>	27.22	27.22	19.04	27.22	23.75
aReaksjonskraft [KV]	<i>Median</i>	1.18	1.10	1.10	1.10	1.10
	<i>IKD</i>	0.49	0.47	0.51	0.46	0.48
	<i>Maks</i>	2.75	2.40	2.75	2.40	2.19
aImpuls [KV/s]	<i>Median</i>	22.04	21.99	22.08	21.95	22.06
	<i>IKD</i>	9.72	9.33	10.27	9.20	9.59
	<i>Maks</i>	55.06	47.91	55.06	47.91	43.97
aBremsende [m/s²]	<i>Median</i>	0.034	0.1	-0.01	0.10	0.09
	<i>IKD</i>	1.58	1.42	1.69	1.53	1.27
	<i>Maks</i>	4.34	3.88	4.34	3.88	3.48
Helling^o [grader]	<i>Median</i>	13.51	13.91	13.07	13.94	13.84
	<i>IKD</i>	8.29	5.80	10.77	5.86	5.72
Svingradius [m]	<i>Median</i>	25.92	30.30	22.84	28.75	32.59
	<i>IKD</i>	39.24	37.55	39.14	37.76	35.78

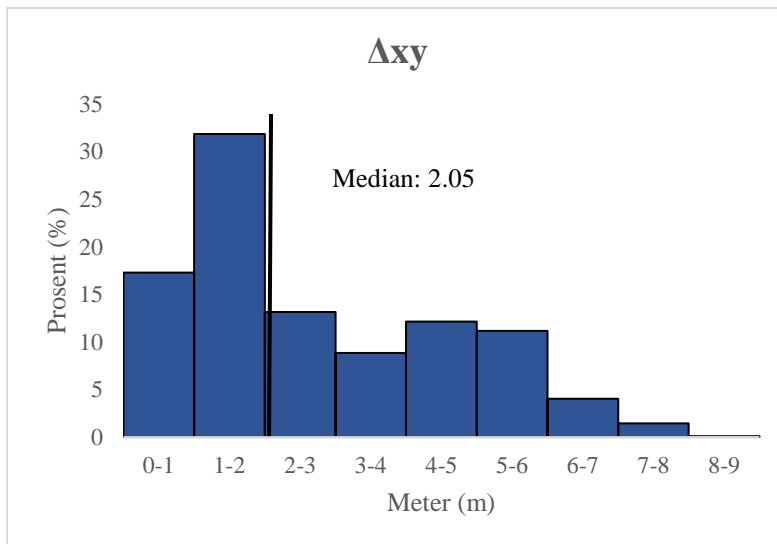
4.2 Validering posisjon

Posisjonsdifferansene er presentert i tabell 3. Medianen til Δxy var 2.05 meter for all data, 1.69 meter for frikjøring og 2.55 meter for trening. Δz_{HOE} for all data (uten data fra Innichen ($n = 42794$)) var -1.61 meter, -0.26 meter for treningsdata og -5.61 meter for frikjøring. FieldWiz hadde for all data, trening og frikjøring en tendens til å underestimere høyden med z_{HOE} . Δz_{MOH} var tydelig overestimert hos FieldWiz (median, all data: 41.85 m), med IKD på 6.18 meter. For medianen på all data var Δxyz_{HOE} på 4.94 meter og Δxyz_{MOH} på 42.05. Hovedforskjellen i 3D posisjon skyldes forskjellen i vertikalkomponentene (z_{HOE} og z_{MOH}).

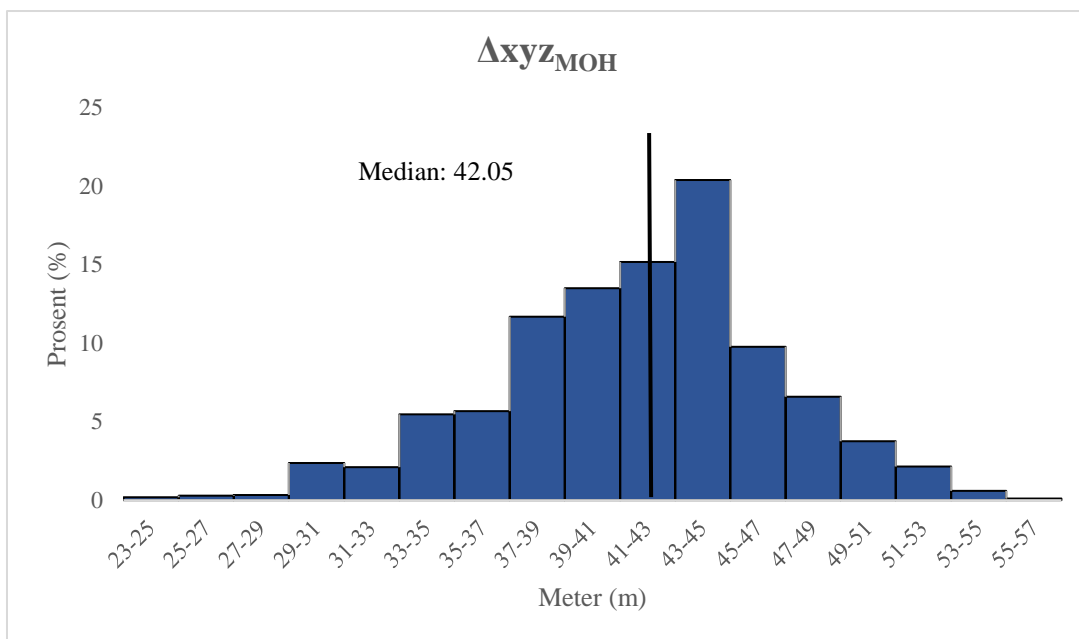
Tabell 3 viser differansen mellom **posisjonsdata** fra referansesystemet og FieldWiz for all data, trening og frikjøring. Differansen er oppgitt som median for ikke normalfordelte data med konfidensintervaller på 95%, interkvartil differanse (IKD) og maksimal forskjell (Δ_{maks}). $m =$ meter. $n =$ antall datapunkter. * For beregningene merket er $n = n - 42794$. $\Delta xy =$ horisontal posisjonsdifferanse. $\Delta z =$ vertikal differanse. $\Delta xyz =$ 3D posisjonsdifferanse. MOH = meter over havet. HOE = høyde over ellipsoide. $\Delta =$ delta (differanse).

		All data (n = 89927)	Trening (n = 35125)	Frikjøring (n = 55854)
Δxy [m]	Median	2.05 [2.03, 2.07]	3.55 [3.50, 3.59]	1.69 [1.68, 1.70]
	IKD	3.11	3.55	2.18
	Δ_{maks}	8.92	7.96	8.92
Δz_{HOE} [m]	Median	-1.61 [-1.65, -1.57]*	-0.26 [-0.30, -0.22]	-5.61 [-5.67, -5.54]*
	IKD	5.29*	4.29	4.26*
	Δ_{maks}	17.86*	8.99	17.86*
Δz_{MOH} [m]	Median	41.85 [41.80, 41.89]	41.36 [41.33, 41.41]	42.72 [42.64, 42.78]
	IKD	6.18	4.30	8.16
	Δ_{maks}	55.46	50.63	55.46
Δxyz_{HOE} [m]	Median	4.94 [4.91, 4.95]*	4.59 [4.56, 4.61]	6.35 [6.26, 6.42]*
	IKD	2.67*	2.08	4.24*
	Δ_{maks}	19.44*	11.08	19.44*
Δxyz_{MOH} [m]	Median	42.05 [42.01, 42.10]	41.64 [41.61, 41.68]	42.74 [42.66, 42.80]
	IKD	6.16	4.45	8.10
	Δ_{maks}	55.58	51.04	55.58

Figur 5 og 6 viser histogrammene for Δxy og Δxyz_{MOH} . Δxyz_{MOH} ble brukt siden z_{HOE} ikke hadde komplett datasett på grunn av annen nedlastningsløsning for datainnsamling i Innichen. Figur 6 viser en jevn spredning for Δxyz_{MOH} .

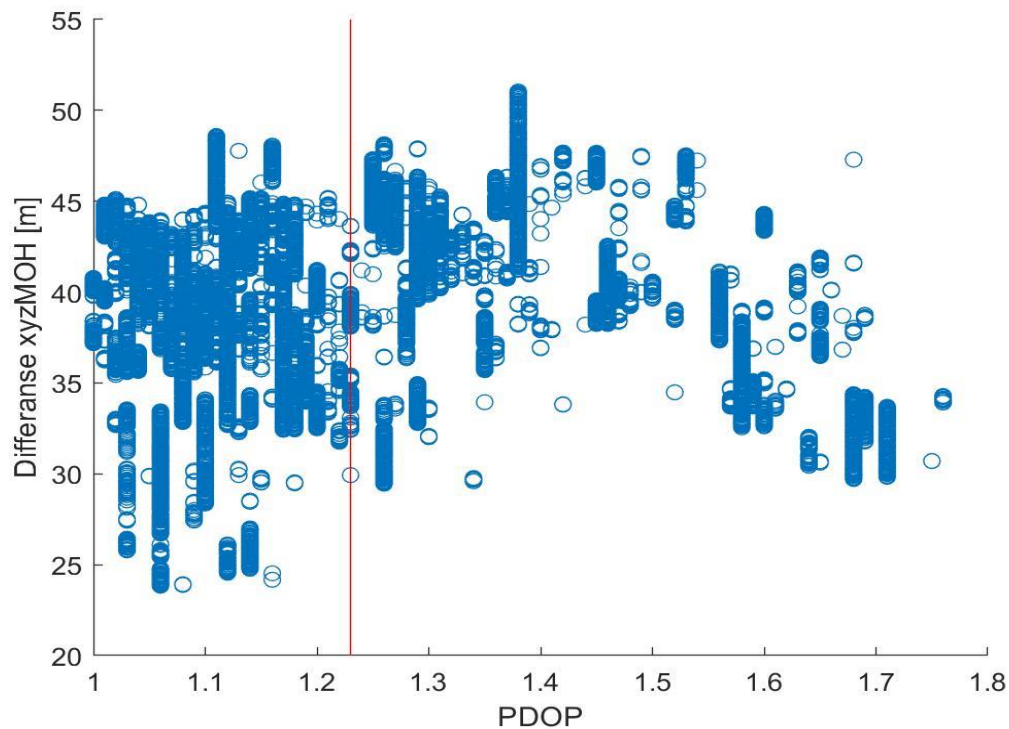


Figur 5 er et histogram for all data som presenterer den **horisontale posisjonsdifferansen** (Δxy) mellom referansesystemet og FieldWiz i meter uttrykt som prosentfordeling innenfor hvert differanseintervall. Antall målinger(n) = 89927



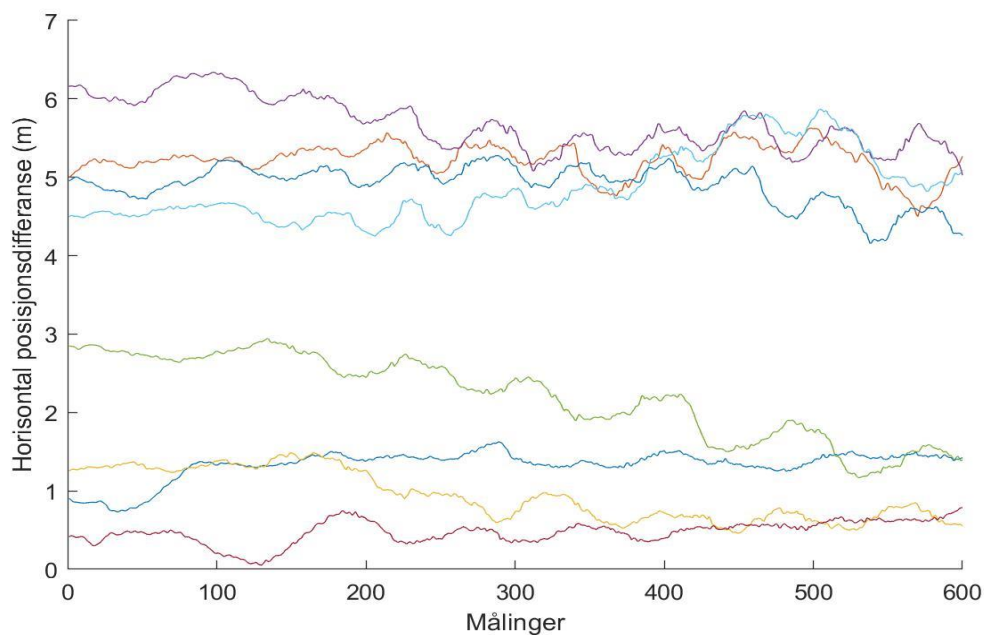
Figur 6 er et histogram for all data som presenterer **posisjonsdifferansen i 3D** (Δxyz_{MOH}) mellom referansesystemet og FieldWiz i meter uttrykt som prosentfordeling innenfor hvert differanseintervall. MOH = Meter over havet. Antall målinger (n) = 89927.

Figur 7 viser sammenhengen mellom målt PDOP med Fieldwiz og differanse i Δxyz_{MOH} , og det tyder på at det er ingen sammenheng mellom PDOP og differanse.

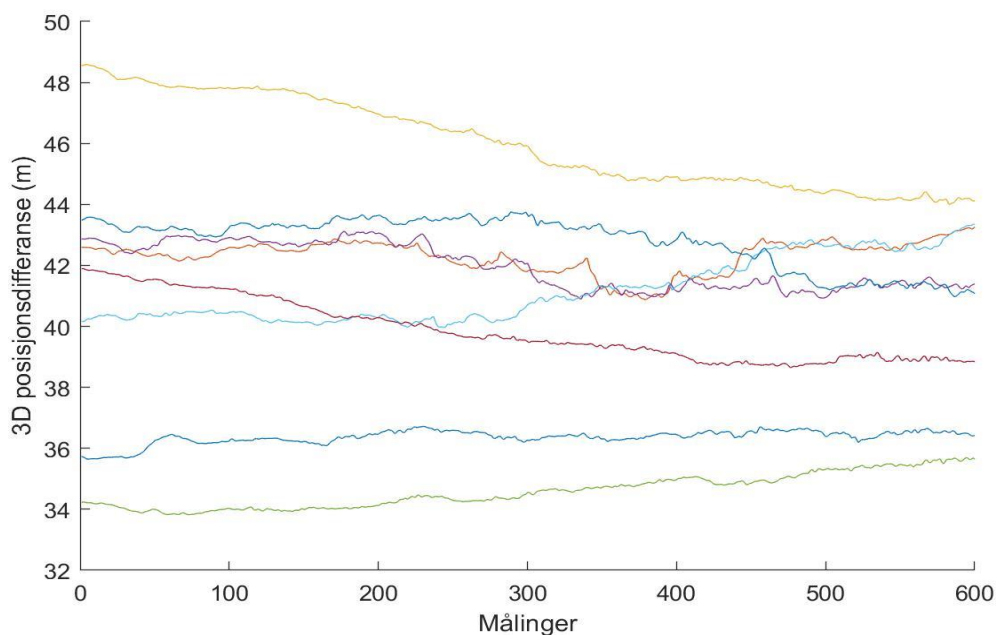


Figur 7 er posisjonsdifferansen i 3D (Δ_{xyzMOH}) mellom referansesystemet og FieldWiz i meter (m) plottet som effekt av PDOP. All data er inkludert utenom Innichen på grunn av ulik nedlastningsløsning. Antall datapunkter = 47133. Gjennomsnittlig PDOP er plottet som rød linje (verdi: 1.23).

I figur 8 er horisontal posisjonsdifferanse (Δ_{xy}) presentert, og i figur 9 er 3D posisjonsdifferanse (Δ_{xyzMOH}) presentert. Både horisontal og 3D posisjonsdifferanse varierer i stor grad mellom ulike nedkjøringer.



Figur 8 viser *horizontal posisjonsdifferanse* (Δxy) mellom referansesystemet og FieldWiz for enkeltnedkjøringer. Data er hentet fra de 8 første nedkjøringene på Juvass dag 1. De ulike fargene representerer ulike nedkjøringer. m = meter.



Figur 9 viser *3D posisjonsdifferanse* (Δxyz_{MOH}) mellom referansesystemet og FieldWiz for enkeltnedkjøringer. Data er hentet fra de 8 første nedkjøringene på Juvass dag 1. De ulike fargene representerer ulike nedkjøringer. m = meter.

4.3 Validering parametere

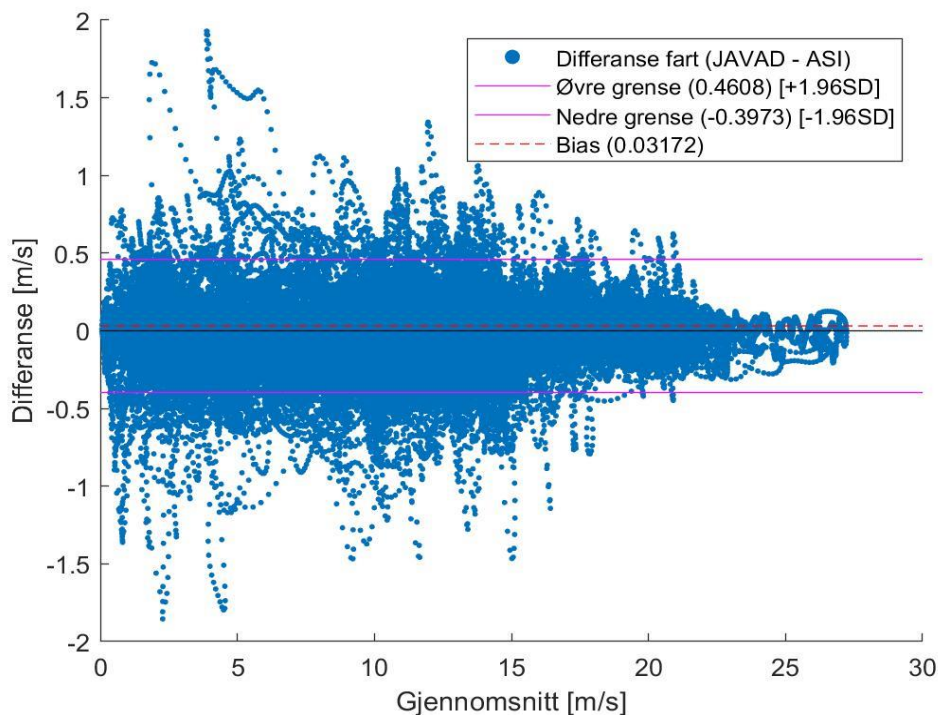
Tabell 4 presenterer absolutt differanse for parametere fra FieldWiz og referansesystemet for data delt inn i kategoriene: all data, trening og frikjøring. Chi-Square goodness of fit-testene viste at fordelingen til ingen av parameterne var signifikant like mellom FieldWiz og referansesystemet.

Tabell 4 viser absolutt differanse mellom parameterne fra referansesystemet og FieldWiz for all data, trening og frikjøring. Differansen er oppgitt som median for ikke normalfordelte data med konfidensintervaller på 95%, interkvartil differanse (IKD) og maksimal forskjell (Δ_{maks}). Maksimal forskjell i prosent er den maksimale prosentvise differansen i datasettet. n = antall datapunkter i datasettene. a = akselerasjon. s = sekunder. m = meter. KV = kroppsvekt. Δ = delta (differanse).

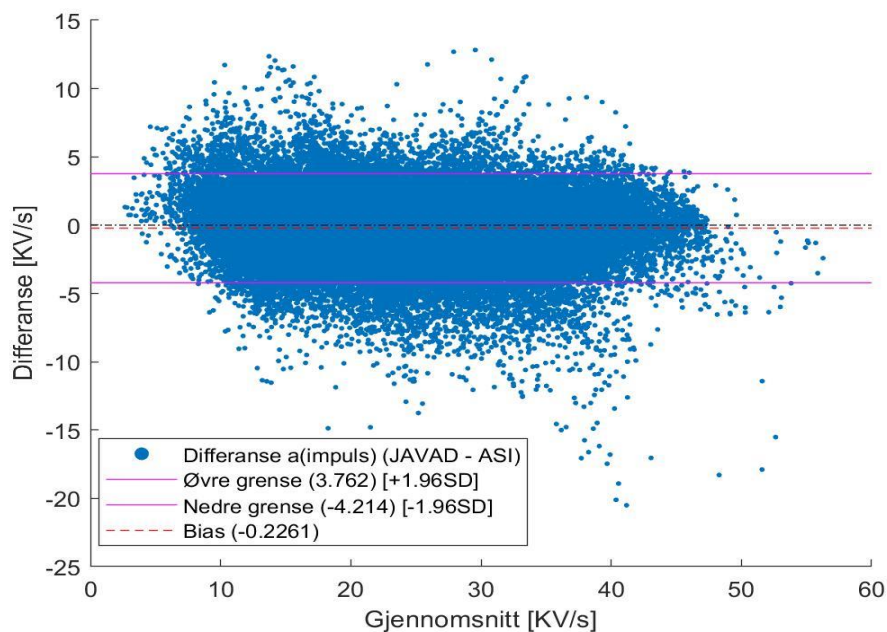
		All data (n = 89927)		Trening (n = 35125)		Frikjøring (n = 55854)	
		Verdi	Prosent [%]	Verdi	Prosent [%]	Verdi	Prosent [%]
$\Delta v $ [m/s]	Median	0.11 [0.105, 0.107]	0.9	0.0886 [0.0876, 0.09]	0.7	0.118 [0.117, 0.119]	1.0
	IKD	0.16	1.4	0.14	1.1	0.17	1.5
	Δ_{maks}	1.93	92.3	1.36	92.3	1.93	69.6
$\Delta a_{Reaksjonskraft} $ [KV]	Median	0.0527 [0.0523, 0.0532]	4.5	0.0456 [0.045, 0.0462]	4.1	0.0586 [0.0579, 0.0592]	5.3
	IKD	0.08	6.8	0.06	5.5	0.09	8.2
	Δ_{maks}	1.03	87.8	0.46	75.8	1.03	87.8
$\Delta a_{Impuls} $ [KV/s]	Median	1.055 [1.046, 1.065]	4.5	0.912 [0.900, 0.924]	4.1	1.171 [1.158, 1.183]	5.3
	IKD	1.52	6.8	1.23	5.5	1.75	8.2
	Δ_{maks}	20.51	87.8	9.15	75.8	20.51	87.8
$\Delta a_{Bremsende} $ [m/s ²]	Median	0.331 [0.329, 0.334]	41.8	0.244 [0.242, 0.248]	33.8	0.400 [0.396, 0.405]	47.5
	IKD	0.47	45.3	0.35	35.6	0.54	49.9
	Δ_{maks}	6.98	1322445	6.09	1322445	6.98	477122
$\Delta Helning^\circ $ [grader]	Median	0.911 [0.902, 0.920]	6.7	0.750 [0.739, 0.763]	5.4	1.02 [1.00, 1.03]	7.7
	IKD	1.69	12.5	1.55	11.1	1.73	13.1
	Δ_{maks}	159.66	644093	140.41	76500	159.66	644093
$\Delta Svingradius $ [m]	Median	2.98 [2.94, 3.04]	0.7	2.51 [2.45, 2.58]	0.65	3.35 [3.27, 3.43]	0.79
	IKD	17.25	4.2	11.68	3.0	21.26	5.0
	Δ_{maks}	1897250	2049824	250719	97694	1897250	2049824

Fart hadde en lav prosentvis differanse, med en median som tilsvarende 0.9% feilestimering (0.11 m/s). a_{Impuls} og $a_{Reaksjonskraft}$ hadde begge en relativt lav differanse (median: 4.5 %), men begge hadde en stor maksimal prosentvis differanse (87.8 %). Differansen for medianen til $a_{Bremsende}$ var den prosentvis mest unøyaktige parameteren med en differanse på 41.8 % og interkvartil differanse på 45.3 %. Helning hadde en relativt lav prosentvis median differanse på 6.7%, men en større interkvartil differanse på 12.8%. Svingradius hadde en lav prosentvis

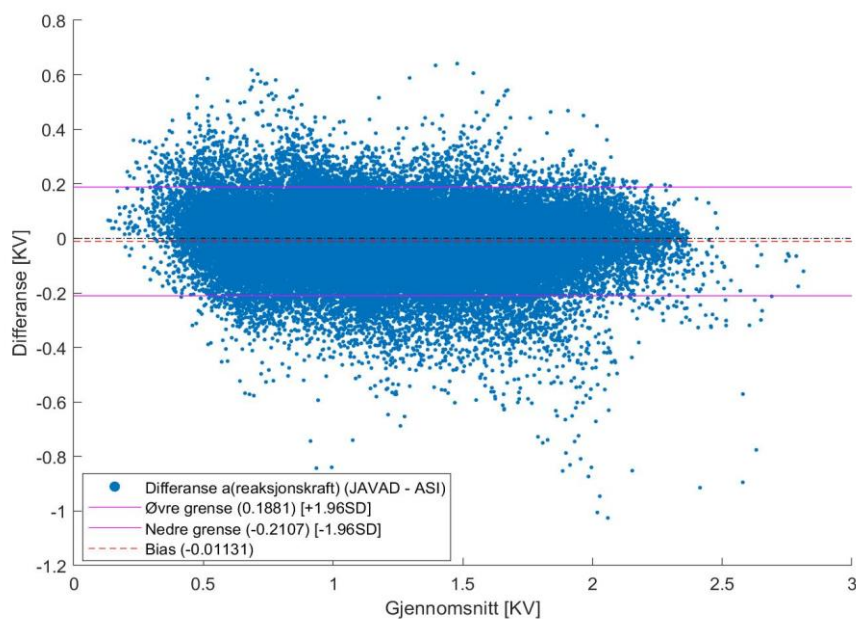
differanse som tilsvarte 0.7% feilestimering for all data. $a_{\text{Bremsende}}$, helning og svingradius hadde alle veldig store maksimale prosentvise differanser (1322446%, 644094% og 2049825%). For alle de ulike parameterne kommer det frem i Bland-Altman plottene (figur 10, 11, 12, 13 og 14) at det er store forskjeller i sammenheng mellom referansedata og FieldWiz-data, basert på antall målinger som kan observeres utenfor øvre og nedre grense. Lineær regresjonstest viste at fart ($p < 0.0001$), helning ($p < 0.0001$) og svingradius ($p = 0.0095$) hadde signifikant bias, a_{Impuls} ($p = 0.1289$), $a_{\text{Bremsende}}$ ($p = 0.6151$) og $a_{\text{Reaksjonskraft}}$ ($p = 0.1289$) hadde ikke signifikant bias. For fart, $a_{\text{Bremsende}}$ og helning kan det se ut til at det er en tendens til en størrelsesavhengighet, når farten, akselerasjonen og helningen øker ser spredningen ut til å bli noe mindre.



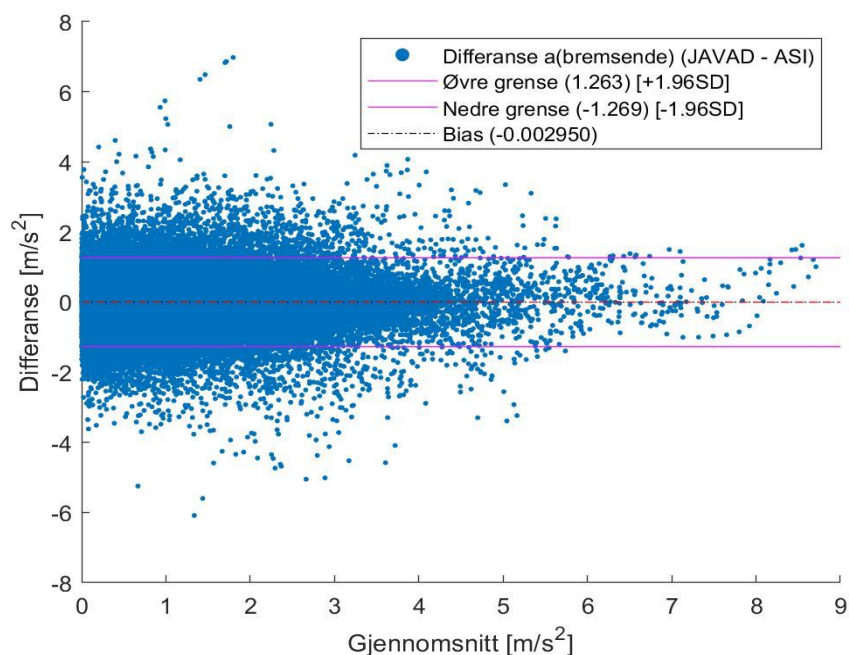
Figur 10 viser Bland Altman-plot for differanse mellom referansesystemet og FieldWiz for v (fart). Differansen er målt hvert 0.05 sekund (20Hz). 89927 målinger. Enhetene er meter per sekund [m/s]. SD = standardavvik.



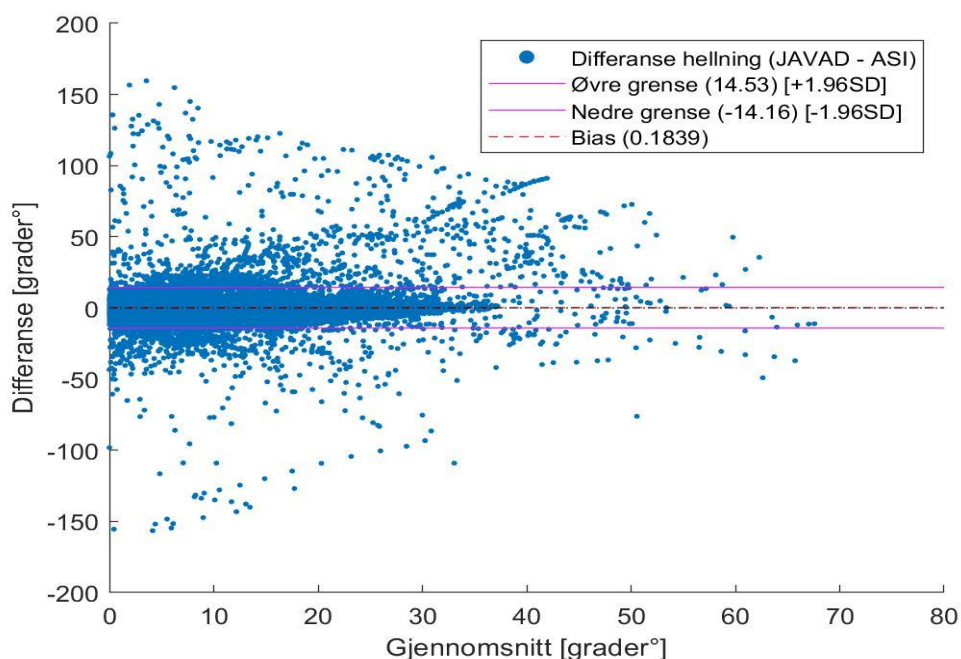
Figur 11 viser Bland Altman-plot for differanse mellom referansesystemet og FieldWiz for a_{Impuls} . Differansen er målt hvert 0.05 sekund (20Hz). 89927 målinger. KV/s = Kroppsvekt per sekund. SD = standardavvik.



Figur 12 viser Bland Altman-plot for differanse mellom referansesystemet og FieldWiz for $a_{Reaksjonskraft}$. Differansen er målt hvert 0.05 sekund (20Hz). 89927 målinger. KV = Kroppsvekt. SD = standardavvik.



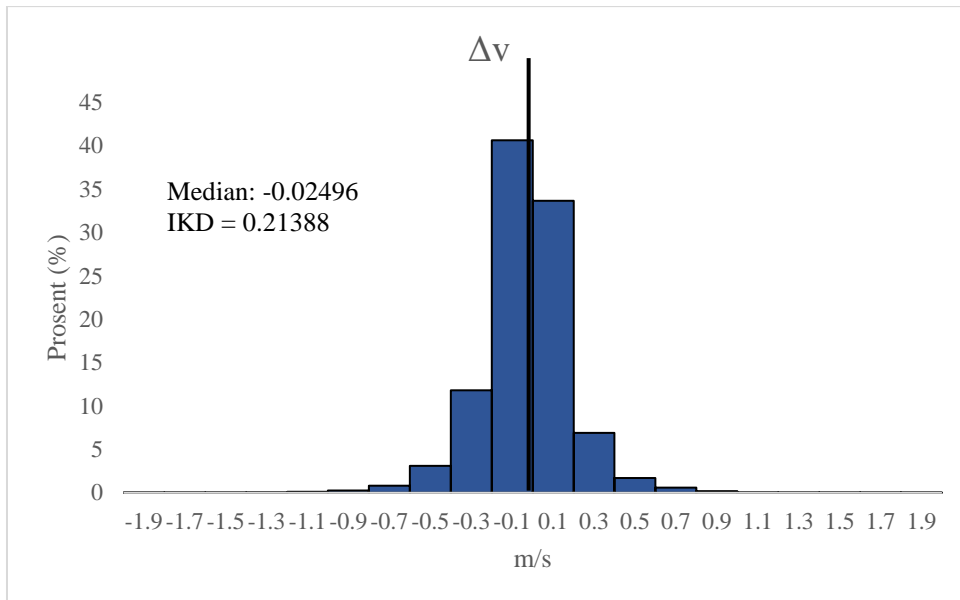
Figur 13 viser Bland Altman-plot for differanse mellom referansesystemet og FieldWiz for $a_{Bremsende}$. Differansen er målt hvert 0.05 sekund (20Hz). 89927 målinger. m = meter. s = sekunder. SD = standardavvik.



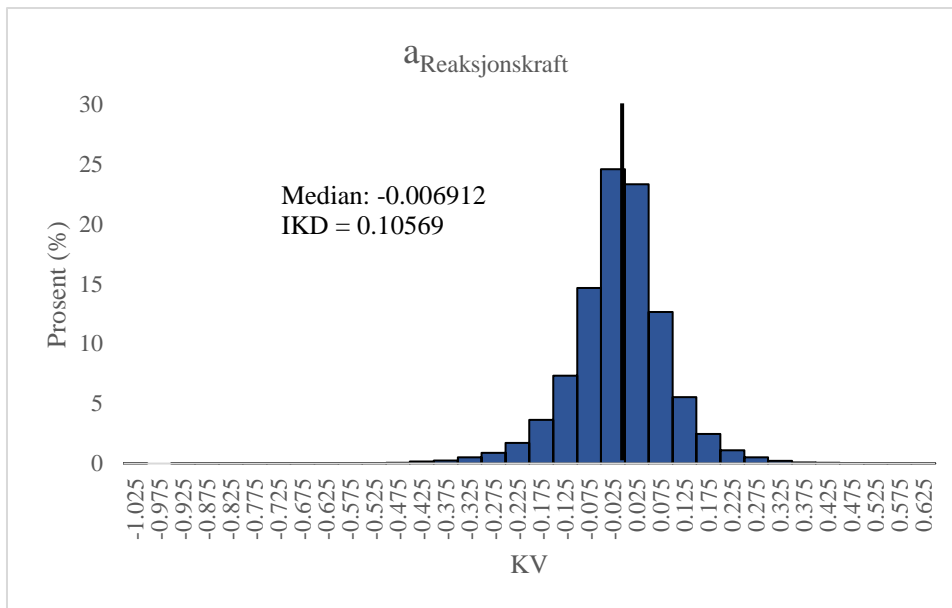
Figur 14 viser Bland Altman-plot for differanse mellom referansesystemet og FieldWiz for **Helning°**. Differansen er målt hvert 0.05 sekund (20Hz). 89927 målinger. Enheten er grader (°). SD = standardavvik.

Histogrammene (figur 15, 16, 17 og 18) viser over- og underestimering for parametere for all data, med medianen for den relative differansen plottet som en svart strek. Signifikanstester gjort på all data viste at de eneste parametere som hadde signifikant lik median med

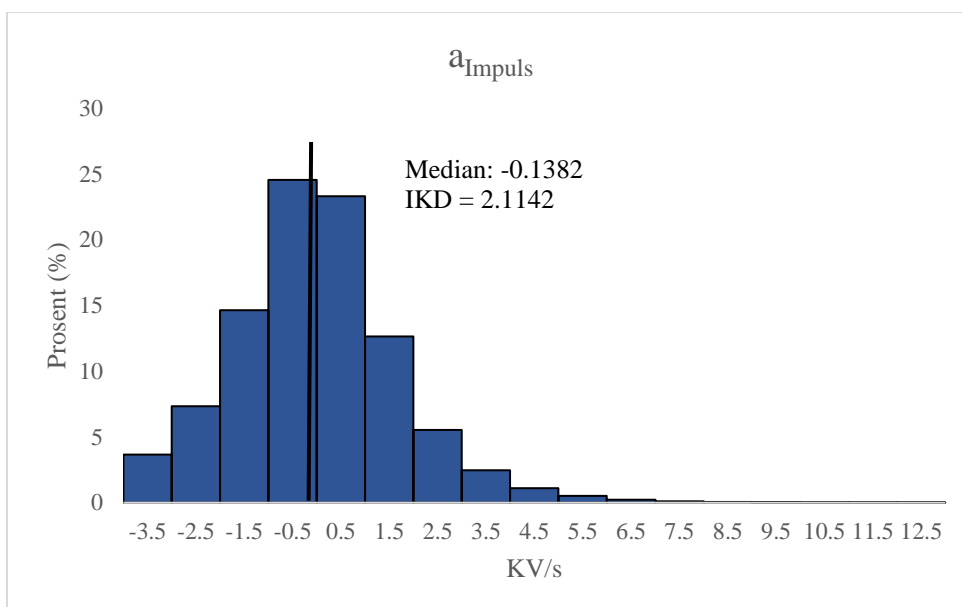
referansedata var fart ($p = 0.1104$) og $a_{\text{Bremsende}}$ ($p = 0.2394$). Den relative differansen for helning var -0.034 grader (0.25% underestimering) og svingradius var 0.456 meter (1.76% overestimering). Prosentvis relativ differanse var for parameterne presentert i histogrammene: fart: 0.22% underestimering, a_{Impuls} : 0.635% underestimering, $a_{\text{Reaksjonskraft}}$: 0.59% underestimering og $a_{\text{Bremsende}}$: 1.77% underestimering.



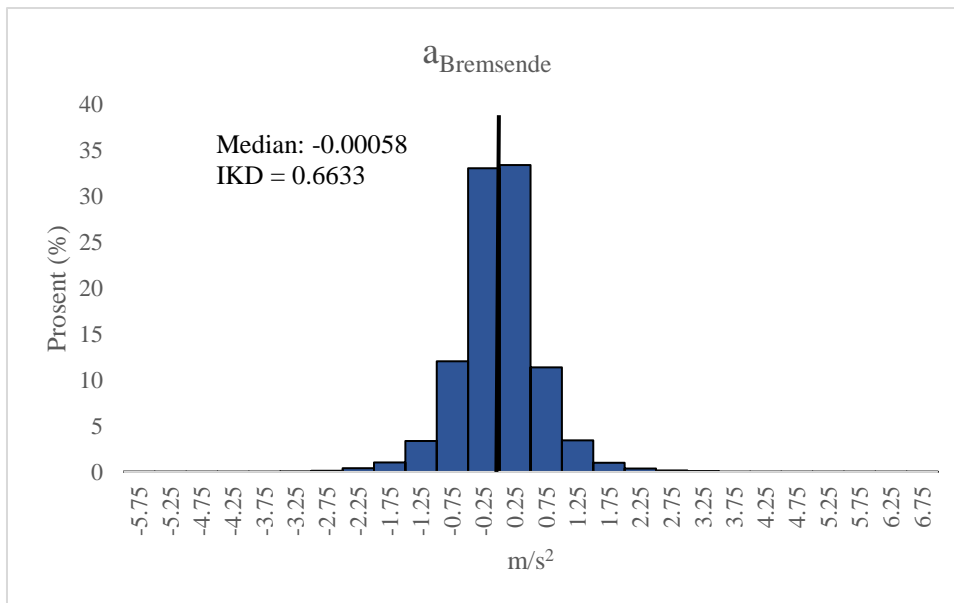
Figur 15 er histogram av differansen i **fart** (Δv) for all data mellom referansesystemet og FieldWiz i meter per sekund (m/s) uttrykt som prosentfordeling innenfor hvert differanseintervall. Tallene på x-aksen viser senter av differanseintervallene. IKD = interkvartil differanse.



Figur 16 er histogram av differansen i $a_{\text{Reaksjonskraft}}$ for all data mellom referansesystemet og FieldWiz i kroppsvekt (KV) uttrykt som prosentfordeling innenfor hvert differanseintervall. Tallene på x-aksen viser senter av differanseintervallene. IKD = interkvartil differanse.



Figur 17 er histogram av differansen i a_{Impuls} for all data mellom referansesystemet og FieldWiz i kroppsvekt per sekund (KV/s) uttrykt som prosentfordeling innenfor hvert differanseintervall. Tallene på x-aksen viser senter av differanseintervallene. IKD = interkvartil differanse.



Figur 18 er histogram av differansen i $a_{\text{Bremsende}}$ for all data mellom referansesystemet og FieldWiz uttrykt som prosentfordeling innenfor hvert differanseintervall. Tallene på x-aksen viser senter av differanseintervallene. IKD = interkvartil differanse. m = meter. s = sekund.

4.4 Treningsdata

I tabell 5 er posisjonsdifferansen for de to treningsdagene på Juvass presentert. Δxy er størst for dag 2 (2.13 meter dag 1, 4.15 meter dag 2), men mindre interkvartildifferanse (3.62 meter dag 1, 2.42 meter dag 2) Dette kan tilsi at det er noe forskjell i støy på signalene de ulike dagene. Ellers er posisjonsmålingene for dag 1 og dag 2 på Juvass veldig like.

Tabell 5 viser differansen mellom posisjonsdata fra referansesystemet og FieldWiz for treningsdata fra Juvass. Differansen er oppgitt som median for ikke normalfordelte data med konfidensintervaller på 95%, interkvartil differanse (IKD) og maksimal forskjell (Δ_{maks}). m = meter. n = antall datapunkter. Δ_{xy} = horisontal posisjonsdifferanse. Δ_z = vertikal differanse. Δ_{xyz} = 3D posisjonsdifferanse. MOH = meter over havet. HOE = høyde over ellipsoide. Δ = delta (differanse).

		Dag 1 (n = 22393)	Dag 2 (n = 11732)
Δ_{xy}	Median	2.13 [2.07, 2.22]	4.15 [4.11, 4.18]
	IKD	3.62	2.42
	Δ_{maks}	7.96	7.76
Δ_{zHOE}	Median	-0.62 [-0.67, -0.58]	0.45 [0.36, 0.53]
	IKD	4.52	3.35
	Δ_{maks}	7.81	8.99
Δ_{zMOH}	Median	41.00 [40.95, 41.04]	42.07 [41.99, 42.15]
	IKD	4.52	3.35
	Δ_{maks}	48.59	50.63
Δ_{xyzHOE}	Median	4.43 [4.40, 4.46]	4.82 [4.78, 4.86]
	IKD	2.13	2.58
	Δ_{maks}	9.60	11.08
Δ_{xyzMOH}	Median	41.21 [41.15, 41.27]	42.36 [42.30, 42.46]
	IKD	4.78	3.46
	Δ_{maks}	48.61	51.04

Absolutt differanse mellom parameterne for dag 1 og dag 2 på Juvass er presentert i tabell 6. Forskjellen mellom dag 1 og dag 2 er veldig liten, den største forskjellen funnet er for $a_{Bremsende}$ (30.8% dag 1 og 40.8% dag 2). Mann Whitney-U testene tilsier at a_{Impuls} , $a_{Reaksjonskraft}$ og helning er like fra dag 1 til dag 2, alle andre er signifikant forskjellige fra dag 1 til dag 2.

Tabell 6 viser absolutt differanse mellom parameterne fra referansesystemet og FieldWiz for treningsdata fra Juvass. Differansen er oppgitt som median for ikke normalfordelte data med konfidensintervaller på 95%, interkvartil differanse (IKD) og maksimal forskjell (Δ_{maks}). Maksimal forskjell i prosent er den maksimale prosentvise differansen i datasettet. n = antall datapunkter. m = meter. s = sekunder. KV = kroppsvekt. Δ = delta (differanse).

		Dag 1 (n = 22393)		Dag 2 (n = 11732)	
		Verdi	Prosent	Verdi	Prosent
$\Delta v $ [m/s]	Median	0.085 [0.084, 0.087]	0.7	0.096 [0.093, 0.098]	0.7
	IKD	0.13	1.1	0.14	1.1
	Δ_{maks}	1.36	78.8	0.91	92.3
$\Delta a_{Reaksjonskraft} $ [KV]	Median	0.0458 [0.0450, 0.0465]	4.2	0.045 [0.044, 0.046]	4.1
	IKD	0.06	5.1	0.06	5.0
	Δ_{maks}	0.46	75.8	0.45	46.1
$\Delta a_{Impuls} $ [KV/s]	Median	0.92 [0.90, 0.93]	4.2	0.91 [0.87, 0.92]	4.1
	IKD	1.24	5.1	1.21	5.0
	Δ_{maks}	9.15	75.8	8.99	46.1
$\Delta a_{Bremsende} $ [m/s ²]	Median	0.237 [0.233, 0.240]	30.8	0.262 [0.256, 0.269]	40.8
	IKD	0.35	33.5	0.37	40.1
	Δ_{maks}	6.09	893766.3	2.59	1322445.8
$\Delta Hellning $ [grader]	Median	0.76 [0.75, 0.78]	5.4	0.73 [0.72, 0.75]	5.3
	IKD	1.61	12.0	1.441	11.3
	Δ_{maks}	140.41	76500.6	40.022	6751.1
$\Delta Svingradius $ [m]	Median	2.35 [2.28, 2.43]	0.6	2.82 [2.72, 2.95]	0.9
	IKD	11.50	2.7	12.077	3.8
	Δ_{maks}	250719.10	49332.9	67551.330	97694.6

Tabell 7 viser differanse i parameterne utregnet i svinger for dag 1 og dag 2 på Juvass, samt begge dager samlet (Juvass). Medianene for $\Delta\sum a_{Impuls}$, $\Delta a_{Reaksjonskraft}$ maks og $\Delta Svingradius_{Gjennomsnitt}$ i tabell 7 er generelt små, og det er liten forskjell mellom dag 1 og dag 2. IKD viser en unøyaktighet spesielt for svingradius med en verdi på 72.87 meter, noe som er mye når medianen for svingradiusen på Juvass var på 30.3 meter med en IKD på 37.55 meter (tabell 2). Tabell 8 viser summert a_{Impuls} og antall svinger for de to treningsdagene på Juvass og sammenlagt. Antall svinger og $\sum a_{Impuls}$ er noe overestimert med FieldWiz (tabell 8).

Tabell 7 viser differansen mellom parameterne for svinger mellom referansesystemet og FieldWiz basert på svingovergangene til referansesystemet. Antall svinger: Juvass ($n = 844$), Juvass dag 1 ($n = 592$) og Juvass dag 2 ($n = 252$). m = meter. KV = kroppsvekt. KV/s = kroppsvekt per sekund. Σ = sum. IKD = interkvartil differanse. Δ = delta (differanse).

		Juvass		Juvass dag 1		Juvass dag 2	
		Verdi	Prosent	Verdi	Prosent	Verdi	Prosent
$\Delta \Sigma a_{\text{Impuls}} [KV/s]$	Median	-1.60	-0.622	-1.55	0.348	-2.38	0.2
	IKD	16.26	1.6	16.58	1.82	15.35	1.25
$\Delta a_{\text{Reaksjonskraft maks}} [KV]$	Median	0.0003	0.2420	0.005	-1.78	-0.01	3.57
	IKD	0.1	6.6	0.006	0.4	0.1	6.55
$\Delta S_{\text{vingradius}}_{\text{gjennomsnitt}} [m]$	Median	7.37	-9.743	6.65	-9.32	9	4.92
	IKD	72.87	65.6	73.4	69.9	72.82	61.5

Tabell 8 viser totalt antall svinger og total impuls for referansesystemet og FieldWiz under trening i løype delt inn etter: Juvass (all data), Juvass dag 1 og Juvass dag 2. Differansen er oppgitt i verdi og prosentvis overestimering for FieldWiz-enhetene i parentes. Σ = sum. a = akselerasjon. KV/s = kroppsvekt per sekund.

	Juvass			Juvass dag 1			Juvass dag 2		
	JAVAD	ASI	Differanse	JAVAD	ASI	Differanse	JAVAD	ASI	Differanse
Antall svinger	844	856	12 (1.42%)	592	599	7 (1.18%)	252	257	5 (1.98%)
$\Sigma a_{\text{Impuls}} [KV/s]$	10887635	10918148	30514 (0.28%)	5795646	5810472	14825 (0.26%)	1237558	1241861	4302 (0.34%)

5. Diskusjon

Målet med studiet var å undersøke validiteten til FieldWiz for målinger av posisjon og parametere som beskriver belastning og treningskarakteristikk i alpint. Hovedfunnene i studien var at 1) det var relativt store differanser mellom FieldWiz og referansesystemet for posisjon (nøyaktighet og presisjon), 2) fart, a_{Impuls} , $a_{\text{Reaksjonskraft}}$ og svingradius hadde en liten absolutt differanse (fart: median: 0.9%, IKD: 1.4%, a_{Impuls} og $a_{\text{Reaksjonskraft}}$: median: 4.8%, IKD: 6.4%, svingradius: median: 0.7%, IKD: 4.2%), 3) for parametere som beskriver svinger var det liten differanse for $\sum a_{\text{Impuls}}$ (median: -1.6 KV/s (-0.62%)) og $a_{\text{Reaksjonskraft maks}}$ (median: 0.0003 KV (0.24%)), 4) antall svinger og $\sum a_{\text{Impuls}}$ for hele økter ble noe overestimert med FieldWiz (svinger: 1.42%, $\sum a_{\text{Impuls}}$: 0.28%).

5.1 Posisjon

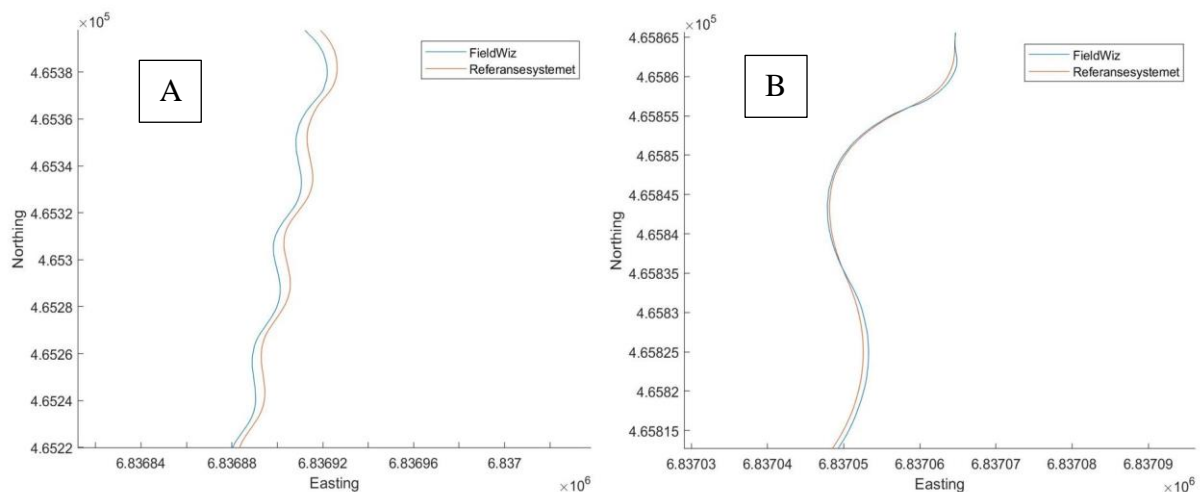
I horisontalplanet (xy) ble det funnet en median differanse på 2.05 meter [2.03, 2.07]. Det er dårligere enn mottaker av samme klasse brukt i langrenn (Gløersen et al., 2018), og dårligere enn en alternativ metode med ankret magnetometerbasert trajektoriekorreksjon i alpint (Fasel et al., 2018). Dette kan skyldes kvalitetsforskjeller for de ulike komponentene i enhetene, prosesseringsmåter, ulike ytre forhold (skog, nordhelling) og/eller forskjeller i idrettene som er testet. Alpint er en dynamisk idrett som involverer høy fart noe som sørger for at måleforholdene til GNSS-mottakeren endres hyppig, dette gjør det krevende å beregne stabil GNSS-data (Gilgien et al., 2014b). For alpint er posisjonsnøyaktighet og presisjon i 3 dimensjoner viktig, både for posisjonssammenlikninger og for parameterderivasjon, grunnet store endringene i vertikal posisjon over kort tid, noe som er en vesentlig forskjell mellom hvordan GNSS brukes i lagidrett og alpint. Siden PDOP til FieldWiz hadde et gjennomsnitt på 1.23 for alle målinger, må vi anta at differansen ikke skyldes dårlige måleforhold. xyz_{HOE} hadde en median differanse på 4.94 meter [4.91, 4.95], noe som er 2.4 ganger dårligere enn Δxy og ligger innenfor en normal forskjell mellom 2D og 3D posisjonsnøyaktighet, på grunn av satellittgeometri (Li et al., 2015). Det er store forskjeller mellom Δz_{HOE} (-1,61 m [-1.65, -1.57]) og Δz_{MOH} (41.85 m [41.80, 41.89]) som er de to modellene som representerer vertikal posisjon oppgitt fra FieldWiz. Siden den IKD for disse parameterne er relativt lik (Δz_{HOE} : 5.29 m, Δz_{MOH} : 6.18 m), er det hensiktsmessig å tenke at dette er en systematisk feil i Δz_{MOH} . Denne forskjellen skyldes mest sannsynlig at Δz_{MOH} ikke justerer for offset mellom den ortometriske høyden og ellipsoidiske høyden (Gløersen et al., 2018; Wong & Gore, 1969). Dette er ikke utregnet i rådataen fra FieldWiz, men er mulig å regne ut og justere for i

etterkant (Wong & Gore, 1969). En systematisk feil som i z_{MOH} er ikke et problem for posisjonsdataene så lenge det blir oppdaget og justert for.

Størrelsen på differansen og IKD mellom referansesystemet og FieldWiz for xyz_{HOE} og xyz_{MOH} gjør det interessant å finne ut om det skyldes stor variasjon i tilfeldige feil, eller om det skyldes noen form for sprang eller drift i GNSS posisjonsdata. Dette er interessant fordi det er med på å bestemme hvilke typer analyser det er mulig å gjøre med FieldWiz og hva slags feil som blir observert i posisjonsderivatene. En nøyaktig og presis posisjon er nødvendig for prestasjonsanalyser, fordi en prestasjonsanalyse i hovedsak analyserer løypevalg og konsekvensene som følger i form av tids- og fartstap (Gilgien, Haugen, & Reid, 2016). For kvantifisering av trening er det ikke nødvendig med en nøyaktig global posisjon, parameterberegningene er bare avhengig av en trajektorie med lite tilfeldige feil. Det vil si at et posisjonssprang mellom nedkjøringer i datasettet ikke vil ha noe å si for beregningene av parametere for nedkjøringene. Det som kan være problematisk for posisjonsderiverede parametere er støy og større momentane posisjonssprang underveis i en nedkjøring. Større sprang og drift i GNSS posisjonsdata oppstår spesielt ved krevende ytre forhold som følge av refleksjoner av signal (for eksempel snø eller vann) eller brudd på signal (for eksempel trær eller høye bygninger) (Gilgien et al., 2014b). Det er vanskelig å trekke tydelige konklusjoner om feilene til FieldWiz skyldes tilfeldige feil, sprang eller drift i GNSS posisjonsdata, men basert på Δxy og Δxyz_{MOH} presentert i figur 8 og 9 er det noen mønster som skiller seg ut. Posisjonsdifferansen for Δxy og Δxyz_{MOH} ser i stor grad ut til å bli påvirket av drift/posisjonssprang fra nedkjøring til nedkjøring, siden startpunktet og sluttpunktet er relativt likt for hver enkelt nedkjøring, men startpunktene varierer mye fra nedkjøring til nedkjøring. Det er muligens noe drift underveis i nedkjøringene, men det ser ut til at majoriteten av driften skjer mellom hver nedkjøring. Den tilfeldige feilestimeringen varierer også noe, men ikke i stor grad, det ser derimot ut som i figur 8 at det er tendenser til en syklisk variasjon i feilestimeringen. Dette kan blant annet skyldes en forsinkelse i kalmannfiltreringen som GNSS-mottakeren i FieldWiz bruker for å beregne posisjon, og grunnen til at det er syklisk er muligens en effekt av at denne forsinkelsen får større utslag i svinger. Basert på disse observasjonen er det derfor grunn til å tro at differansen til FieldWiz skyldes en blanding av tilfeldige feil, større sprang og drift i posisjonsdataen, noe som også blir støttet opp av den relativt lave IKD til Δxyz_{HOE} (2.67 m) og Δxyz_{MOH} (6.16 m) og de små differansene i de deriverede parameterberegningene (fart, $a_{Reaksjonskraft}$ og a_{Impuls}). Figur 19 er

lagt til for å vise to typiske trajektorier for FieldWiz og referansesystemet hvor en trajektorie har feil som ser ut til å skyldes drift og en trajektorie har feil som skyldes tilfeldige feil.

Siden det ser ut til at det ikke er en systematisk feil i ΔXYZ_{HOE} , men at det skyldes en kombinasjon av tilfeldige feil og drift i GNSS posisjonsdata ville det vært interessant å sett om denne eventuelle driften er lik for flere FieldWiz-enheter på samme utøver på samme tid og nedkjøring. Dette hadde gitt en bedre forståelse for inter-device reliabiliteten til FieldWiz.



Figur 19 viser trajektorie for FieldWiz og referansesystemet for to nedkjøringer på treningsdag 1 på Juvass. Trajektorie A viser en nedkjøring med differanse som kan skyldes drift. Trajektorie B viser to svinger hvor det kan observeres differanse som kan skyldes tilfeldige feil.

Med posisjonsnøyaktigheten og presisjonen som FieldWiz har (tabell 3) er det problematisk å gjøre prestasjonsanalyser i alpint. Å sammenlikne nedkjøringer i samme løype for samme utøver, og mellom ulike utøvere i samme løype lar seg ikke gjøre med en global posisjonsnøyaktighet som er dårligere enn desimeternøyaktighet (Supej et al., 2020; Wägli, 2009). For de analysene der en global posisjonsnøyaktighet er nødvendig, er det funnet måter å tvinge trajektorien gjennom ankerpunkter. Dette kan gjøres enten ved å kjenne posisjon ved start og mål for nedkjøringen (Brodie, Walmsley, & Page, 2008) eller ved å korrigere for feil ved å bruke magneter i porter med kjente lokasjoner og et magnetometer til å detektere passering av disse portene (Fasel et al., 2018). Ved å ha kjente ankerpunkter er det mulig å korrigere trajektorien slik at den passer til portplasseringene. Dette gjør at det er mulig å legge til flere begrensninger for post-prosesseringen, som for eksempel å veie data som ser ut til å være korrekt (basert på portpasseringene) i større grad enn data som ser ut til å være unøyaktig. Problemet er at portlokasjonene er nødt til å være kjent, noe som betyr at de må

måles inn med for eksempel en teodolitt og 30 cm lange stavmagneter må graves ned i snøen. Dette er en mulighet til å forbedre kvaliteten på posisjonsnøyaktigheten og presisjonen, men det krever mye ekstra arbeid og utstyr.

5.2 Parametere for beskrivelse av trening og belastning

I tidligere valideringsstudier er det blitt foreslått en kategorisering av grenser for validitet; god (< 5% feil), moderat (5-10% feil) og dårlig (>10% feil) (Scott, Scott, & Kelly, 2016). Ved å ta utgangspunkt i disse kategoriseringene faller absolutt differanse for fart, $a_{\text{Reaksjonskraft}}$, a_{Impuls} og svingradius innunder kategoriseringen god validitet (median: 0.9%, 4.8%, 4.8% og 0.7%), og helning går inn under kategorien moderat (6.7%). Absolutt differanse for $a_{\text{Bremsende}}$ har ifølge denne definisjonen en dårlig validitet ($a_{\text{Bremsende}}$: 41.8%). Et problem med denne kategoriseringen er at den ikke tar hensyn til variabilitet i feilene (IKD) som for helning er på hele 12.8%.

Den absolutte differansen - der alle differanser er gjort om til positive - er et estimat på momentane feil. Det betyr at de parameterne som har en absolutt prosentdifferanse på under 10% i utgangspunktet er tilstrekkelig valid (god til moderat validitet) til å beskrive momentane parametere. Siden denne inndelingen ikke tar hensyn til variasjon i feilene (IKD og maksimale feil), må IKD og maksimale feil også tas i betraktning for å vurdere validiteten til de momentane parameterne.

På grunn av lav absolutt median differanse (0.9%) og IKD (1.4%) er fart tilstrekkelig valid til å beskrive fartsutviklingen i korte perioder, gjennomsnittlig fart i sving, og liknende. Siden maksimal differanse for fart er på hele 92.3% er det hensiktsmessig å ikke gjøre analyser av enkeltpunkter for fart (f.eks toppfart), men heller basere seg på beregninger som regner gjennomsnitt over flere punkter. $a_{\text{Reaksjonskraft}}$ og a_{Impuls} har en relativt lav absolutt median differanse (4.8%) og IKD (6.4%) som tilsier at de kan brukes for kortere tidsintervaller. Størrelsen til den maksimale momentane differansen (Δ_{maks}) til $a_{\text{Reaksjonskraft}}$ (87.8%) og a_{Impuls} (87.8%) tilsier at enkeltmålinger kan være betydelig feil. Derfor må enkeltmålinger stabiliseres på en måte, f.eks ved å beregne gjennomsnitt over flere punkter eller liknende. Det er for videre forsøk nødvendig å undersøke hvor mange punkter som er nødvendig å beregne gjennomsnitt over for å få et valide målinger. $a_{\text{Bremsende}}$ har en dårlig validitet (absolutt median differanse: 41.8%) og en ekstremt stor maksimal differanse ($a_{\text{Bremsende}}$: verdi: 6.98m/s^2 , prosent: 1'322'445%) og kan dermed ikke brukes for analyser av korte tidsintervaller.

Helning har moderat validitet (6.7%), stor IKD (12.8%) og en ekstrem maksimal differanse (644'093%). Selv om helning har en validitet som her blir regnet som moderat er IKD og maksimal differanse såpass stor at det vil påvirke målinger over kortere tidsintervaller. Helning kan derfor ikke brukes med få datapunkter, men på grunn av en moderat validitet er det mulig å bruke helning for lengre tidsintervaller som enkeltnedkjøringer. Svingradius hadde lav absolutt median differanse (0.7%), relativt lav IKD (4.2%) og en høy maksimal differanse (verdi: 1'897'250m, prosent: 2'049'824%). Som med tidligere nevnte parametere vil det ikke anbefales å bruke svingradius for enkeltpunkter på grunn av en stor maksimal feil, men basert på lav median differanse og IKD kan svingradius brukes til å kategorisere kortere tidsintervaller, muligens som svinger i disiplinene som har lengre tid i sving (utfor og super-G). Dette er nødvendig å undersøke videre for å være sikkert på hvor korte tidsintervaller som kan regnes som valid og ikke.

Medianene for den relative differansen er et mål på nøyaktighet over tid, fordi den inkluderer effekten av at over- og underestimering kan være tilfeldig og balanseres ut over et langt nok tidsintervall. Basert på signifikanstestene for den relative median differansen var det fart og $a_{\text{Bremsende}}$ som var signifikant like referansesystemet for all data. Fart er dermed validert for både korte og lange tidsintervaller. $a_{\text{Bremsende}}$ hadde en stor absolutt median differanse (41.8%) og kan ikke brukes på kortere tidsintervaller, men hadde en signifikant lik relativ median differanse for hele datasettet. Det vil si at den kan brukes over lengre perioder, men det er uten videre testing vanskelig å vite hvor lang denne perioden må være for at estimatet er sikkert. Selv om relativ median differanse for $a_{\text{Reaksjonskraft}}$, a_{Impuls} , helning og svingradius ikke var signifikant like referansesystemet, var allikevel den prosentvise feilestimeringen veldig lav: $a_{\text{Reaksjonskraft}}$ 0.59% underestimering, a_{Impuls} : 0.635% underestimering, helning 0.25% underestimering og svingradius 1.76% overestimering. Dette tilsier at disse parameterne kan brukes til å kvantifisere trening over lengre tidsintervaller, men basert på den absolutte differansen er det bare fart, $a_{\text{Reaksjonskraft}}$, a_{Impuls} og svingradius som kan brukes med god validitet for kortere tidsintervaller.

$a_{\text{Bremsende}}$, svingradius og helning har alle maksimale prosentvise differanser til referansesystemet som er ekstreme ($a_{\text{Bremsende}}$: 1,322,445.8%, svingradius: 2,049,824.8%, helning: 644,093.8%). Dette skyldes mest sannsynlig at momentane endringer i posisjon gir store utslag i deriveringen av parameterne, men basert på Bland-Altman plottet til $a_{\text{Bremsende}}$ (figur 13) og helning (figur 14) er det ikke ofte slike ekstremverdier blir observert.

Det er også mulig at deler av ekstremverdiene kunne vært filtrert bort med hardere filtrering enn det som er gjort i denne oppgaven. Det er også mulig å endre analysen slik at den fanger opp verdier og endringer som mest sannsynlig ikke stemmer. Siden PDOP aldri gikk over 1.7 skal disse målingene heller ikke skyldes dårlige måleforhold, det betyr dermed at disse målingene er en effekt av feilestimeringen av posisjon til FieldWiz-enheten. Allikevel må det tas forbehold, siden PDOP verdiene er ekstremt lave i forhold til variasjonen i ytre forhold som er testet (Gilgien et al., 2014b).

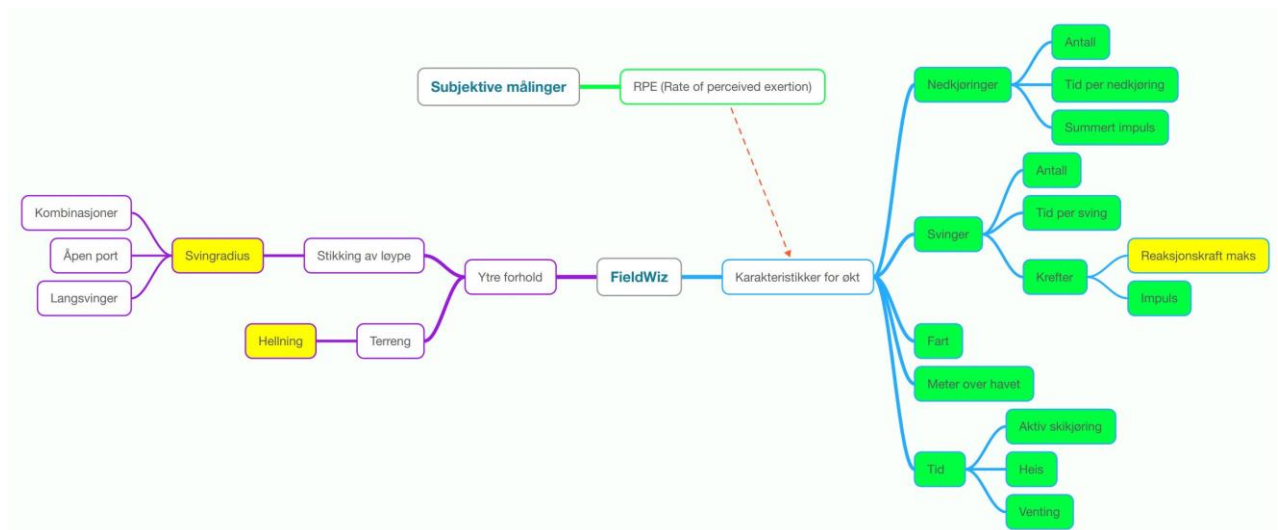
5.2.1 Treningsanalyse

Siden hensikten med studien var å undersøke validiteten til FieldWiz for målinger av posisjon og parametere som beskriver trening og treningsbelastning alpint, ble det på Juvass gjennomført og samlet data på to typiske treningsdager. Treningen i løype på Juvass var to normale treningsdager for en Europa Cup-utøver, og målet var derfor å se hvordan treningen kunne beskrives og kvantifiseres basert på data fra FieldWiz. Tabell 6 og 7 viser differanse mellom øktene og øktene samlet, som helhet og delt opp etter svinger. Tabell 8 viser overestimeringen til FieldWiz av antall svinger og $\sum a_{\text{Impuls}}$ for hver økt og begge øktene samlet.

For treningsdata i løype (Juvass) fant vi generelt en svak overestimering for $\sum a_{\text{Impuls}}$ (Juvass: 1.42%, dag 1: 1.18%, dag 2: 1.98%) og for svinger (Juvass: 0.28%, dag 1: 0.26%, dag 2: 0.34%). Dette tilsier at FieldWiz kan brukes til å kvantifisere $\sum a_{\text{Impuls}}$ over enkeltsvinger, en nedkjøring, eller hele økter, FieldWiz kan også brukes til å telle antall svinger i løpet av en økt. For $a_{\text{Reaksjonskraft maks}}$ (6.6%) og svingradius (65.6%) i enkeltsvinger (tabell 7) var IKD så stor at de ikke kan anbefales å brukes for enkeltsvinger, men $a_{\text{Reaksjonskraft maks}}$ og svingradius kan muligens brukes summert for en hel økt, basert på medianene for summert treningsdata i løype ($\Delta \sum a_{\text{Impuls}}$: 0.622% underestimering, $\Delta a_{\text{Reaksjonskraft maks}}$: 0.24% overestimering, $\Delta \text{Svingradius}_{\text{Gjennomsnitt}}$: 9,7% underestimering). Differansen mellom antall svinger funnet (1.42% overestimering med FieldWiz) kunne muligens vært enda mer valid hvis koden for å kategorisere svinger hadde noen flere begrensninger. Koden som detekterer svingoverganger er i utviklet for referansesystemet, og det er mulig at den kunne tilpasses slik at den tolererer noe mer unøyaktighet i posisjonsdata. Den kunne for eksempel tilpasses FieldWiz med hardere filtrering av vinkelhastighet før utregning av svingoverganger eller ved å sette en minstegrense på hvor kort en sving kan være. Muligens ville slike tiltak få identifiseringen av svinger til å prestere bedre.

5.3 Bruk av FieldWiz i alpint

5.3.1 Kvantifisering av trening



Figur 20 er en visuell fremstilling av parametere som kan beskrive en treningsøkt i alpint. Figur 20 er en oppdatert versjon av figur 2 med fargekoder som representerer funn i studien. Grønn = kan brukes. Gul = kan brukes for noen applikasjoner.

I teorien ble det diskutert hvilke parametere som var aktuelle å se på i alpint, og disse ble også visuelt fremstilt i figur 2, Figur 20 er den samme figuren, men med fargekoder som representerer hvilke parametere som er valid nok til å brukes basert på resultatene i denne oppgaven. For «karakteristikk for økt» i figur 20 er de fleste parameterne funnet valide, videre blir det forklart hvordan disse parameterne kan bli brukt i praksis.

Nedkjøring kvantifiseres i denne studien med antall, tid som er brukt per nedkjøring og summert impuls for hver nedkjøring. Nedkjøring kan deles opp i svinger, hvor det er mulig å se på antall svinger i løpet av nedkjøringene og tid brukt per sving. For krefter delt opp etter svinger er a_{Impuls} valide å bruke. Fart hadde god validitet og kan med sikkerhet benyttes med FieldWiz. For å kunne si noe om den økende fysiologiske treningsbelastningen på grunn av redusert oksygen-tilgjengelighet med økende høyde er det viktigste å kunne dokumentere høyden som er blitt trent på, og for dette formålet er validiteten til FieldWiz mer enn god nok. Dokumentering av tid brukt på aktiv trening, heis og venting er også parametere som sier noe om belastningen til utøver og er med posisjonsnøyaktigheten vist i dette studiet valid å måle (Wägli, 2009). Disse parameterne kan også brukes retrospektivt til å se på effektivitet i organisering av trening: hvor mye tid spares ved å bruke snøscooter i forhold til vanlig heis, hvilke skianlegg gir flest antall nedkjøring per tid, hvor lang pause er det vanligvis mellom hver nedkjøring og liknende.

I lagidrett er posisjoneringssystemer ikke bare brukt til å måle treningsbelastning, men også for å se på taktikk (Halsen, 2014). I alpint vil dette også kunne gi store fordeler. Muligheten til å kunne analysere bakker som er kjørt med helning, svingradius, løypestikking, portavstand og liknende kan gi store taktiske fordeler. Det er hovedsakelig to store fordeler dette kunne gitt. Den første er å kunne se på hva slags løypestikking og bakker en utøver har trent mye på kontra det som kommer i konkurranse. Dette kan si noe om det blir trent nok på langsvinger i bratt terreng, hårnåler i overganger og liknende, og treningen kan legges opp etter det. For det andre kan det si noe om hva en utøver bør trene på, hvis prestasjonsanalyser gjøres samtidig. Det kan da blant annet gi mulighet til å se hva slags terreng en utøver er dårligst i, og fokusere på det.

For kategorisering av de ytre forholdene gir FieldWiz ikke like gode muligheter, hovedsakelig på grunn av feil i posisjonsdata. Svingradius og helning er mulig å kvantifisere over lengre tidsintervaller, men det er begrenset hva en slik kvantifisering gir av nyttig informasjon i etterkant. En stor fordel hadde vært å kunne se på svingradius for hver sving, helning underveis i nedkjøringen og liknende. Dette ser ikke ut til å være mulig med FieldWiz for øyeblikket. Derimot kan referansesystemet kvantifisere svingradius, helning og i større grad beregne fart, a_{Impuls} , $a_{\text{Reaksjonskraft}}$ og $a_{\text{Bremsende}}$ med høyere validitet (Gilgien et al., 2018a).

Spørsmålet er derfor: hvorfor ikke bruke referansesystemet på daglig basis?

Referansesystemet er vist å ha en god validitet og reliabilitet for måling av flere belastningsparametere enn det som er testet i denne oppgaven (Gilgien et al., 2018a) og for å gjøre prestasjonsanalyse (Gilgien et al., 2014a). Referansesystemet er blitt brukt på samlinger med det norske alpinlandslaget siden 2014 og flere utøvere på landslagsnivå har rapportert muntlig at de ikke merker referansesystemet på ryggen når de trener skikjøring i løype (M. Gilgien, personlig kommunikasjon, 10. mai 2020). Siden utøverne oppgir at de ikke merker systemet, vil det si at den eksterne validiteten i liten grad blir påvirket med tanke på forstyrrelse av utøver. Det vil derfor være en fordel å bruke dette systemet så mye som mulig siden det ikke går ut over ekstern validitet og har relativt god intern validitet. Problemet med dette systemet går heller ut på de praktiske hensynene: tid det tar å sette opp for å ta målinger, prosessere dataene og at det trengs en fagperson til stede for å gjøre målingene. En større enhet på ryggen til utøveren utgjør også i seg selv en større skaderisiko. Det mest slående argumentet mot å bruke high-end dGNSS er av hensyn til pris. Basestasjonen til referansesystemet koster ca. 75.000 kroner og det samme koster high-end dGNSS-enheten som utøveren må kjøre med. For å kvantifisere treningsbelastning er dette en pris som blir for

høy for et landslag, et skigymnas eller en klubb. En pakke med 10 FieldWiz-enheter koster til sammenlikning ca. 50.000 kroner. Alt i alt blir det en avveining mellom hvor mye ressurser som kan benyttes og hva som trengs av validitet.

En av utfordringene med å måle treningsbelastning er å analysere dataen på en meningsfull måte. Det er et økende antall artikler som har utforsket treningsbelastning i forhold til skaderisiko, finne ut om en utøver er klar til å begynne å konkurrere igjen etter skade og generelt om treningsbelastningen til en utøver har vært for stor eller liten i forhold til være klar for konkurranse (Bourdon et al., 2017). Fellesnevneren til disse måtene å analysere treningsbelastning på er at de tar hensyn til belastning over tid (Bourdon et al., 2017). Dette er hovedfordelen med å implementere FieldWiz i treningsmonitorering av et lag, det sørger for kontinuitet i datainnsamling, og det er mulig å samle inn data om trening og treningsbelastning for en hel sesong. Dette har trolig ingen gjort i alpint før, mye på grunn av den manglende kvantifiseringen av trening på ski. Med FieldWiz er det nå mulig å kvantifisere trening på ski, noe som betyr at FieldWiz i kombinasjon med dokumentering av barmarkstrening og opplevd belastning til utøverne gjør det mulig å se på den totale belastningen. Dette kan gi store fordeler med tanke på å optimalisere treningsbelastningen for å maksimere treningsutbyttet. Det er også store utfordringer knyttet til å beregne totalbelastning i alpint. Siden ingen har gjort det før er dette et felt som krever mye utforskning og testing for å finne ut hvordan treningsbelastningen bør analyseres. Det er også ekstra krevende fordi alpint har en stor variasjon innenfor treningsaktiviteter som benyttes i løpet av en sesong (Gilgien et al., 2018b). Siden alpint er en krevende idrett å kvantifisere kan også belønningen være stor ved å klare å monitorere treningsbelastning på en god måte i alle deler av sesongen, spesielt fordi det er ingen eller få andre som måler totalbelastning i alpint.

Måling av treningsbelastning i kombinasjon med mål på prestasjon kan være med på å gi konkrete tilbakemeldinger på hvordan utøveren reagerer på stimulusen fra trening. For å kunne gi tilbakemelding underveis i sesongen er det mulig å bruke en variant av «Acute:Chronic Workload Ratio» som gir informasjon om forholdet mellom akutt og kronisk belastning (Blanch & Gabbett, 2015). Treningen kan dermed planlegges og justeres basert på tidligere målt treningsbelastning og prestasjon, noe som gir mulighet til å senke faren for skader og samtidig sørge for økt prestasjon ved å ha mest mulig optimal treningsbelastning (Blanch & Gabbett, 2015). Ved å samle inn data for intern og ekstern belastning for en hel sesong er det også mulig å retrospektivt inspisere belastningen for å finne grunner til økt

prestasjon, redusert prestasjon, skade, eller liknende (Bourdon et al., 2017; Halson, 2014). På sikt vil dette gi muligheter for å individualisere treningsbelastning basert på tidligere trender eller se på endringer på gruppenivå.

5.3.2 Prestasjonsanalyse

For å kunne si noe om hvilken effekt gitt treningsbelastning har på prestasjon er det nødvendig med en gode måter å måle prestasjon. Det vanlige i alpint er å bruke videoanalyse til kvalitativ analyse av trening og konkurranse og fotoceller til tidtaking (Supej et al., 2020). Hvis FieldWiz blir tatt i bruk finnes det enkle prestasjonsrelaterte analyser som kan være mulig å gjennomføre. FieldWiz kan for eksempel brukes i kombinasjon med GPS-tidssynkroniserte kameraer. Dette gir mulighet for at både kvalitativ og kvantitativ analyse kan tidssynkroniseres. Det enkleste er å bruke kameraer med GPS-tid og GPS-tid fra FieldWiz, men det er mulig å gjøre tidssynkronisering til GPS-tid for kameraer basert på enkle bevegelser som knebøy (Supej, 2012). I kombinasjon kan video og fart tidssynkronisert brukes til å vurdere effekt av utøverens teknikk og taktiske valg på fartsutviklingen. Dette blir en enkel form for prestasjonsanalyse, som kan være nyttig når referansesystemet ikke er tilgjengelig, eller for klubber og lag med mindre budsjetter. For en komplett prestasjonsanalyse med mulighet for å analysere linjevalg vil det være nødvendig å bruke high-end dGNSS (Gilgien et al., 2014a; Supej et al., 2020).

5.4 Begrensninger og feilkilder

Den største begrensningen til denne studien er at det ikke ble mulig å undersøke inter-device reliabiliteten til FieldWiz, fordi det alltid var problemer med en eller flere av enhetene under samme treningsøkt på Juvass, noe som førte til store tap av data. En analyse av inter-device reliabiliteten til FieldWiz hadde gitt bedre innsikt i hvor stabilt enhetene fungerer. Det vil derfor for øyeblikket anbefales å bruke to FieldWiz-enheter for å skape redundans og dermed minke sannsynligheten for at viktig data går tapt. Dette kan ha blitt forbedret i den nye oppdateringen av firmvaren som kommer, men før det er fikset er det problematisk å stole på én enhet som eneste form for innsamling av data.

Parameterberegninger for fart og alle akselerasjonsparameterne er regnet ut fra derivasjon fra posisjon. Førstegrads derivasjon for å finne fart er vist å ha en relativt god validitet, men andregrads derivasjon for å finne akselerasjonsparametere er mer problematisk fordi den forplanter og skalerer opp støy i posisjonsdata (Supej et al., 2020). Dette er en direkte

konsekvens av å bare måle posisjon, og en effekt som blir større ved høy opptaksfrekvens på noen GNSS-mottakere (Supej et al., 2020).

Plasseringen av antennen til FieldWiz i forhold til referansesystemet er en feilkilde i posisjonsdifferansene på grunn av avstanden fra antennen til referansesystemet til antennen til FieldWiz. Dette er ikke tatt hensyn til i utregningene, og kan stå for en systematisk feil på rundt cirka 45-55 cm. Det ble vurdert om det skulle tas hensyn til, men siden det krever å måle inn snøoverflaten til alle nedkjøringer ble det valgt å se bort ifra. Referansesystemet som er brukt i denne studien har en global posisjonsnøyaktighet på cirka 5 cm. Dette gjør at noe av posisjonsdifferansen kan skyldes referansesystemet, men siden posisjonsnøyaktighet for FieldWiz er betydelig over desimeter-nivå er dette bidraget veldig lite.

I det komplette datasettet ble bare tidsintervaller for FieldWiz inkludert når det kunne beregnes differensiell posisjon med referansesystemet, noe som førte til at 14'132 av 104'059 datapunkter (13.6%) ble ekskludert fra analysen. Dette gjør at all data som er inkludert for FieldWiz er under gode måleforhold, som også ble bekreftet av PDOP-data fra FieldWiz (1.23 ± 0.18). Det er derfor ikke sett på hvordan feilestimering av posisjon med FieldWiz er under dårligere måleforhold, noe som er fordelaktig å vite hvis FieldWiz skal brukes for å måle treningsbelastning for alle ulike lokasjoner gjennom en hel sesong.

I denne oppgaven er FieldWiz validert for frikjøring og trening på storslalåm og Super-G. Det er derfor i videre forsøk nødvendig å undersøke validiteten også for slalåm og utfor, siden en generalisering ikke er mulig basert på at bare storslalåm, Super-G og frikjøring er undersøkt i dette studiet.

5.5 Videre utvikling

Nå som det er vist i denne oppgaven at FieldWiz kan brukes til å måle trening og beskrive treningsbelastning er det nødvendig å se på hvordan dette kan brukes videre. Siden dataene til FieldWiz er mål på ytre belastning, er det hensiktsmessig å kombinere det med mål på indre belastning for all trening som gjennomføres. For å kunne si noe om sammenhenger mellom belastning og prestasjon, ytre belastning mot opplevd belastning og liknende er det nødvendig å samle inn data på alt av belastning over lengre tid og ha noen mål på prestasjon underveis. Det er derfor nødvendig at for eksempel alpinlandslaget begynner å bruke FieldWiz, før man vet hvordan systemet kan brukes som helhet. Først når dette er gjort over lengre tid er det

mulig å retrospektivt inspisere dataene for å lete etter sammenheng og mønster. Det er også i utforskningsperioden nødvendig å ta stilling til hvilke mål på belastning som gir relevant informasjon til trener og utøvere, og hvordan analysemetodene videre kan utvikles for å gi nyttig og forståelig data. Det er også for alle parametere nødvendig å undersøke hvor korte tidsintervaller som kan måles med hver parameter. Det vil si hvor mange punkter som må brukes til beregning av for eksempel gjennomsnitt for å få en valid verdi. Når alt dette er utforsket er det mulig å begynne å bruke den totale treningsbelastningen i kombinasjon med mål på prestasjon som et styringssystem for optimalisering av trening for individuelle utøvere og grupper. Den samme fremgangsmåten er også hensiktsmessig å gjennomføre med tanke på å kunne dokumentere treningskarakteristikker. FieldWiz kan måle svingradius, helning, tidsfordeling i alpinbakken og liknende, men det er garantert masse uutnyttet potensiale i bruk av GNSS til å beskrive trening. For eksempel kan det muligens utvikles algoritmer som basert på posisjonsdata kan gjenkjenne ulike svingtyper i alpint og kvantifisere disse.

Siden FieldWiz inneholder en IMU vil det være naturlig å utforske mulighetene til å bruke IMU til å måle krefter direkte, og for å kunne se på overbelastning i korsryggen. Ved også å implementere et belastningsmål som PlayerLoad målt med IMU kunne det skapt redundans i datasettet som hadde minket problemet med å være avhengig av god tilgang på satellitter. Belastning i korsryggen ville også gitt nyttig data som kunne blitt tatt hensyn til med tanke på totalbelastning. Per i dag er det et problem med nedlastningsløsningen til ASI som forhindrer nedlastning av store datasett, og på grunn av høy opptaksfrekvens med IMU (200Hz) genererer dette store datasett som er problematisk å laste ned. Det vil med dagens nedlastningsløsning derfor være hensiktsmessig å bare skru på innsamling av GNSS-data for å forhindre dette problemet.

5.6 Konklusjon

Basert på GNSS-posisjoner fra FieldWiz kan vi med moderat til god validitet kvantifisere treningsbelastning og beskrive trening. Implementering av FieldWiz gir dermed gode muligheter til å kvantifisere skitrening i alpint til en overkommelig pris, noe som har manglet i alpint for å kunne måle total treningsbelastning. Videre forskning bør fokusere på kvantifisering av ytre faktorer, optimalisere parameterberegning som også må tilpasses dårligere GNSS posisjonsdata og finne en hensiktsmessig måte å bruke mål på ytre og indre belastning i kombinasjon til å analysere treningsbelastning.

Referanser

- Berg, H. E. & Eiken, O. (1999). Muscle control in elite alpine skiing. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 31(7), 1065–1067. Hentet fra <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10416571>
- Blanch, P. & Gabbett, T. J. (2015). Has the athlete trained enough to return to play safely? The acute:chronic workload ratio permits clinicians to quantify a player's risk of subsequent injury. *British Journal of Sports Medicine*, 50, 471–475. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-095445>
- Borresen, J. & Lambert, M. I. (2009). The Quantification of Training Load, the Training Response and the Effect on Performance. *Sports Medicine*, 39(9), 779–795. <https://doi.org/10.2165/11317780-000000000-00000>
- Bourdon, P. C., Cardinale, M., Murray, A., Gastin, P., Kellmann, M., Varley, M. C., ... Cable, N. T. (2017). Monitoring athlete training loads: Consensus statement. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(s2), 161–170. <https://doi.org/10.1123/IJSPP.2017-0208>
- Brodie, M., Walmsley, A. & Page, W. (2008). Fusion motion capture: A prototype system using IMUs and GPS for the biomechanical analysis of alpine ski racing. *Journal of Sports Technology*, 1(1), 17–28. <https://doi.org/10.1002/jst.6>
- Cardinale, M. & Varley, M. C. (2017). Wearable Training-Monitoring Technology: Applications, Challenges, and Opportunities. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(s2), 55–62. <https://doi.org/10.1123/ijssp.2016-0423>
- Catapult. (2019). Catapult reaches milestone of 2,500 clients. Hentet fra <https://www.catapultsports.com/blog/catapult-reaches-milestone-of-2500-clients>
- Chambers, R., Gabbett, T. J., Cole, M. H. & Beard, A. (2015). The Use of Wearable Microsensors to Quantify Sport-Specific Movements. *Sports Medicine*, 45(7), 1065–1081. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0332-9>
- Dellaserra, C. L., Yong, G. & Randsell, L. (2014). Use of integrated technology in team sports: A review of opportunities, challenges, and future directions for athletes. *Journal*

of Strength and Conditioning Research, 28(2), 556–573.

<https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182a952fb>

Di Salvo, V., Baron, R., Tschan, H., Calderon Montero, F., Bachl, N. & Pigozzi, F. (2007). Performance Characteristics According to Playing Position in Elite Soccer. *International Journal of Sports Medicine*, 28(3), 222–227. <https://doi.org/10.1055/s-2006-924294>

Drew, M. K. & Finch, C. F. (2016). The Relationship Between Training Load and Injury, Illness and Soreness: A Systematic and Literature Review. *Sports Medicine*, 46(6), 861–883. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0459-8>

European Global Navigation Satellite Systems Agency. (2020, 11. mai). FAQ. Hentet fra <https://www.gsa.europa.eu/european-gnss/galileo/faq#FOC>

Fasel, B., Favre, J., Chardonens, J., Gremion, G. & Aminian, K. (2015). An inertial sensor-based system for spatio-temporal analysis in classic cross-country skiing diagonal technique. *Journal of Biomechanics*, 48(12), 3199–3205. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2015.07.001>

Fasel, B., Gilgien, M., Spörri, J. & Aminian, K. (2018). A New Training Assessment Method for Alpine Ski Racing: Estimating Center of Mass Trajectory by Fusing Inertial Sensors With Periodically Available Position Anchor Points. *Frontiers in Physiology*, 9, 1–11. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.01203>

Fasel, B., Spörri, J., Gilgien, M., Gerber, N., Falbriard, M., Müller, E. & Aminian, K. (2016). IMU and GNSS-based turn switch detection in alpine ski racing. *Abstract Book of the 7th International Congress on Science and Skiing*.

Foster, C., Rodriguez-Marroyo, J. A. & de Koning, J. J. (2017). Monitoring training loads: The past, the present, and the future. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(s2), 2–8. <https://doi.org/10.1123/IJSPP.2016-0388>

Gilat, A. & Subramaniam, V. (2008). *Numerical methods for engineers and scientists*. Hoboken: NJ: John Wiley & Sons.

Gilgien, M., Haugen, P. & Reid, R. (2016). A new instantaneous performance parameter for alpine skiing and individual sports. *21st Annual Congress of the European College of*

Sport Science, 234–235. Vienna, Austria, Austria.

- Gilgien, M., Kröll, J., Spörri, J., Crivelli, P. & Müller, E. (2018a). Application of dGNSS in alpine ski racing: Basis for evaluating physical demands and safety. *Frontiers in Physiology*, 9, 1–11. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.00145>
- Gilgien, M., Reid, R., Raschner, C., Supej, M. & Holmberg, H.-C. (2018b). The Training of Olympic Alpine Ski Racers. *Frontiers in Physiology*, 9, 1–7. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.01772>
- Gilgien, M., Spörri, J., Chardonens, J., Kröll, J., Limpach, P. & Müller, E. (2015). Determination of the centre of mass kinematics in alpine skiing using differential global navigation satellite systems. *Journal of Sports Sciences*, 33(9), 960–969. <https://doi.org/10.1080/02640414.2014.977934>
- Gilgien, M., Spörri, J., Chardonens, J., Kröll, J. & Müller, E. (2013). Determination of external forces in alpine skiing using a differential global navigation satellite system. *Sensors*, 13(12), 9821–9835. <https://doi.org/10.3390/s130809821>
- Gilgien, M., Spörri, J., Kröll, J., Crivelli, P. & Müller, E. (2014a). Mechanics of turning and jumping and skier speed are associated with injury risk in men's World Cup alpine skiing: A comparison between the competition disciplines. *British Journal of Sports Medicine*, 48(9), 742–747. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-092994>
- Gilgien, M., Spörri, J., Limpach, P., Geiger, A. & Müller, E. (2014b). The Effect of Different Global Navigation Satellite System Methods on Positioning Accuracy in Elite Alpine Skiing. *Sensors*, 14(10), 18433–18453. <https://doi.org/10.3390/s141018433>
- Gløersen, Ø., Kocbach, J. & Gilgien, M. (2018). Tracking performance in endurance racing sports: Evaluation of the accuracy offered by three commercial GNSS receivers aimed at the sports market. *Frontiers in Physiology*, 9, 1425. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.01425>
- Halson, S. L. (2014). Monitoring Training Load to Understand Fatigue in Athletes. *Sports Medicine*, 44(s2), 139–147. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0253-z>
- Hopkins, W. G. (1991). Quantification of Training in Competitive Sports. *Sports Medicine*,

12(3), 161–183. <https://doi.org/10.2165/00007256-199112030-00003>

Hydren, J. R., Volek, J. S., Maresh, C. M., Comstock, B. A. & Kraemer, W. J. (2013). Review of strength and conditioning for alpine ski racing. *Strength and Conditioning Journal*, 35, 10–28. <https://doi.org/10.1519/SSC.0b013e31828238be>

Jones, C. M., Griffiths, P. C., & Mellalieu, S. D. (2017). Training Load and Fatigue Marker Associations with Injury and Illness: A Systematic Review of Longitudinal Studies. *Sports Medicine*, 47(5), 943-974. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0619-5>

Kawamori, N. & Haff, G. G. (2004). The Optimal Training Load for the Development of Muscular Power. *Journal of Strength and Conditioning*, 18(3), 675–684.

Leser, R., Baca, A. & Ogris, G. (2011). Local Positioning Systems in (Game) Sports. *Sensors*, 11(10), 9778–9797. <https://doi.org/10.3390/s111009778>

Li, X., Ge, M., Dai, X., Ren, X., Fritsche, M., Wickert, J. & Schuh, H. (2015). Accuracy and reliability of multi-GNSS real-time precise positioning: GPS, GLONASS, BeiDou, and Galileo. *Journal of Geodesy*, 89(6), 607–635. <https://doi.org/10.1007/s00190-015-0802-8>

Luteberget, L. S., Spencer, M. & Gilgien, M. (2018). Validity of the Catapult ClearSky T6 local positioning system for team sports specific drills, in indoor conditions. *Frontiers in Physiology*, 9. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.00115>

Madry, S. (2015). *Global navigation satellite systems and their applications*. New York: Springer New York.

Martínez, A., Brunauer, R., Venek, V., Snyder, C., Jahnel, R., Buchecker, M., ... Stöggl, T. (2019). Development and Validation of a Gyroscope-Based Turn Detection Algorithm for Alpine Skiing in the Field. *Frontiers in Sports and Active Living*, 1, 1–9. <https://doi.org/10.3389/fspor.2019.00018>

Martínez, A., Jahnel, R., Buchecker, M., Snyder, C., Brunauer, R. & Stöggl, T. (2019). Development of an automatic alpine skiing turn detection algorithm based on a simple sensor setup. *Sensors*, 19(4), 1–12. <https://doi.org/10.3390/s19040902>

Neumayr, G., Hoertnagl, H., Pfister, R., Koller, A., Eibl, G. & Raas, E. (2003). Physical and physiological factors associated with success in professional alpine skiing. *International*

Journal of Sports Medicine, 24, 571–575. <https://doi.org/10.1055/s-2003-43270>

Petersen, C., Pyne, D., Portus, M. & Dawson, B. (2009). Validity and reliability of GPS units to monitor cricket-specific movement patterns. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 4(3), 381–393. <https://doi.org/10.1123/ijsp.4.3.381>

Polat, M. (2016). An examination of respiratory and metabolic demands of alpine skiing. *Journal of Exercise Science and Fitness*, 14(2), 76–81. <https://doi.org/10.1016/j.jesf.2016.10.001>

Portas, M. D., Harley, J. A., Barnes, C. A. & Rush, C. J. (2010). The validity and reliability of 1-Hz and 5-Hz Global Positioning Systems for linear, multidirectional, and soccer-specific activities. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 5(4), 448–458. <https://doi.org/10.1123/ijsp.5.4.448>

Raschner, C., Hildebrandt, C., Mohr, J. & Müller, L. (2017). Sex differences in balance among alpine ski racers: Cross-sectional age comparisons. *Perceptual and Motor Skills*, 124(6), 1134–1150. <https://doi.org/10.1177/0031512517730730>

Raschner, C., Platzer, H., Patterson, C., Werner, I., Huber, R. & Hildebrandt, C. (2012). The relationship between ACL injuries and physical fitness in young competitive ski racers: a 10-year longitudinal study. *British Journal of Sports Medicine*, 46(15), 1065–1071. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2012-091050>

Reid, R. C. (2010). *A kinematic and kinetic study of alpine skiing technique in slalom* (Doktoravhandling, Norges Idrettshøgskole). Hentet fra https://brage.bibsys.no/xmlui/bitstream/handle/11250/171325/reid_phd_2010.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Roe, G., Halkier, M., Beggs, C., Till, K. & Jones, B. (2016). The Use of Accelerometers to Quantify Collisions and Running Demands of Rugby Union Match-Play. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 16(2), 590–601. <https://doi.org/10.1080/24748668.2016.11868911>

Scott, M. T. U., Scott, T. J. & Kelly, V. G. (2016). The Validity and Reliability of Global Positioning Systems in Team Sport: A Brief Review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(5), 1470–1490.

<https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001221>

- Spörri, J., Kröll, J., Fasel, B., Aminian, K. & Müller, E. (2017). The use of body worn sensors for detecting the vibrations acting on the lower back in alpine ski racing. *Frontiers in Physiology*, 8, 1–9. <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00522>
- Supej, M. (2012). Gate-to-Gate Synchronized Comparison of Velocity Retrieved From a High-End Global Navigation Satellite System In Alpine Skiing. *Proceedings of the 28th International Conference on Biomechanics in Sports*, 354–357.
- Supej, M., Ogrin, J. & Holmberg, H. C. (2018). Whole-body vibrations associated with alpine skiing: A risk factor for low back pain? *Frontiers in Physiology*, 9, 1–9. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.00204>
- Supej, M., Spörri, J. & Holmberg, H.-C. (2020). Methodological and Practical Considerations Associated With Assessment of Alpine Skiing Performance Using Global Navigation Satellite Systems. *Frontiers in Sports and Active Living*, 1, 1–7. <https://doi.org/10.3389/fspor.2019.00074>
- Wägli, A. (2009). *Trajectory Determination and Analysis in Sports by Satellite and Inertial Navigation*. (Doktoravhandling, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne). <https://doi.org/10.5075/epfl-thesis-4288>
- Wägli, A. & Skaloud, J. (2009). Optimization of two GPS/MEMS-IMU integration strategies with application to sports. *GPS Solutions*, 13(4), 315–326. <https://doi.org/10.1007/s10291-009-0124-5>
- Wilson, G. J., Newton, R. U., Murphy, A. J. & Humphries, B. J. (1993). Optimal Training Load for Athletic Performance Development. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 25, 1279–1286. Hentet fra <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8289617/>
- Wong, L. & Gore, R. (1969). Accuracy of Geoid Heights from Modified Stokes Kernels. *Geophysical Journal International*, 18(1), 81–91. Hentet fra <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-246X.1969.tb00264.x>
- Yu, G., Jang, Y. J., Kim, J., Kim, J. H., Kim, H. Y., Kim, K. & Panday, S. B. (2016). Potential of IMU sensors in performance analysis of professional alpine skiers. *Sensors*,

16(4), 1–21. <https://doi.org/10.3390/s16040463>

Tabelloversikt

Tabell 1 viser deskriptive data om forsøkspersonene i studien. kg = kilogram. cm = centimeter. 21

Tabell 2 viser **deskriptive data** fra referansesystemet for all data, trening, frikjøring, Juvass dag 1 og Juvass dag 2. Differansen er oppgitt som median for ikke normalfordelte data. Antall målinger som inngår i datasett: All data (n = 89927), trening (n = 35125), frikjøring (n = 55854), Juvass dag 1 (n = 22393) og Juvass dag 2 (n = 11732). a = akselerasjon. s = sekunder. m = meter. KV = kroppsvekt. Gj = gjennomsnitt. SD = standardavvik. IKD = interkvartil differanse. 28

Tabell 3 viser differansen mellom **posisjonsdata** fra referansesystemet og FieldWiz for all data, trening og frikjøring. Differansen er oppgitt som median for ikke normalfordelte data med konfidensintervaller på 95%, interkvartil differanse (IKD) og maksimal forskjell (Δ_{maks}). m = meter. n = antall datapunkter. * For beregningene merket er n = n - 42794. Δ_{xy} = horisontal posisjonsdifferanse. Δ_z = vertikal differanse. Δ_{xyz} = 3D posisjonsdifferanse. MOH = meter over havet. HOE = høyde over ellipsoide. Δ = delta (differanse)..... 29

Tabell 4 viser absolutt differanse mellom parameterne fra referansesystemet og FieldWiz for all data, trening og frikjøring. Differansen er oppgitt som median for ikke normalfordelte data med konfidensintervaller på 95%, interkvartil differanse (IKD) og maksimal forskjell (Δ_{maks}). Maksimal forskjell i prosent er den maksimale prosentvise differansen i datasettet. n = antall datapunkter i datasettene. a = akselerasjon. s = sekunder. m = meter. KV = kroppsvekt. Δ = delta (differanse). 33

Tabell 5 viser differansen mellom posisjonsdata fra referansesystemet og FieldWiz for treningsdata fra Juvass. Differansen er oppgitt som median for ikke normalfordelte data med konfidensintervaller på 95%, interkvartil differanse (IKD) og maksimal forskjell (Δ_{maks}). m = meter. n = antall datapunkter. Δ_{xy} = horisontal posisjonsdifferanse. Δ_z = vertikal differanse. Δ_{xyz} = 3D posisjonsdifferanse. MOH = meter over havet. HOE = høyde over ellipsoide. Δ = delta (differanse). 40

Tabell 6 viser absolutt differanse mellom parameterne fra referansesystemet og FieldWiz for treningsdata fra Juvass. Differansen er oppgitt som median for ikke normalfordelte data med konfidensintervaller på 95%, interkvartil differanse (IKD) og maksimal forskjell (Δ_{maks}). Maksimal forskjell i prosent er den maksimale prosentvise differansen i datasettet. n = antall datapunkter. m = meter. s = sekunder. KV = kroppsvekt. Δ = delta (differanse). 41

Tabell 7 viser differansen mellom parameterne for svinger mellom referansesystemet og FieldWiz basert på svingovergangene til referansesystemet. Antall svinger: Juvass (n = 844), Juvass dag 1 (n = 592) og Juvass dag 2 (n = 252). m = meter. KV = kroppsvekt. KV/s = kroppsvekt per sekund. Σ = sum. IKD = interkvartil differanse. Δ = delta (differanse)..... 42

Tabell 8 viser totalt antall svinger og total impuls for referansesystemet og FieldWiz under trening i løype delt inn etter: Juvass (all data), Juvass dag 1 og Juvass dag 2. Differansen er oppgitt i verdi og prosentvis overestimering for FieldWiz-enhetene i parentes. Σ = sum. a = akselerasjon. KV/s = kroppsvekt per sekund. 42

Figuroversikt

- Figur 1** viser forholdet mellom ACWR (Acute:Chronic Workload Ratio) og sannsynligheten for å bli skadet oppgitt i prosent. Figuren er hentet med tillatelse fra Blanch et. al., 2015..... 10
- Figur 2** viser parametere som er hensiktsmessig å bruke til kvantifisering av trening i alpint. Figuren er utviklet i samarbeid med Robert Reid (alpinlandslaget). 16
- Figur 3** viser forholdet mellom nøyaktighet og pris for ulike GNSS modeller. Figuren er hentet med tillatelse fra Wägli, A. (2009). 19
- Figur 4** viser posisjonsdata fra to FieldWiz-enheter i det samme tidsintervallet på Juvass dag 1. Plottet til venstre viser data fra en fungerende enhet og plottet til høyre viser data fra en defekt enhet hvor all data måtte forkastes. 25
- Figur 5** er et histogram for all data som presenterer den **horisontale posisjonsdifferansen** (Δxy) mellom referansesystemet og FieldWiz i meter uttrykt som prosentfordeling innenfor hvert differanseintervall. Antall målinger(n) = 89927 30
- Figur 6** er et histogram for all data som presenterer **posisjonsdifferansen i 3D** (Δxyz_{MOH}) mellom referansesystemet og FieldWiz i meter uttrykt som prosentfordeling innenfor hvert differanseintervall. MOH = Meter over havet. Antall målinger (n) = 89927..... 30
- Figur 7** er posisjonsdifferansen i 3D (Δxyz_{MOH}) mellom referansesystemet og FieldWiz i meter (m) plottet som effekt av PDOP. All data er inkludert utenom Innichen på grunn av ulik nedlastningsløsning. Antall datapunkter = 47133. Gjennomsnittlig PDOP er plottet som rød linje (verdi: 1.23)..... 31
- Figur 8** viser **horisontal posisjonsdifferanse** (Δxy) mellom referansesystemet og FieldWiz for enkeltnedkjøringer. Data er hentet fra de 8 første nedkjøringene på Juvass dag 1. De ulike fargene representerer ulike nedkjøringer. m = meter. 32
- Figur 9** viser **3D posisjonsdifferanse** (Δxyz_{MOH}) mellom referansesystemet og FieldWiz for enkeltnedkjøringer. Data er hentet fra de 8 første nedkjøringene på Juvass dag 1. De ulike fargene representerer ulike nedkjøringer. m = meter. 32
- Figur 10** viser Bland Altman-plot for differanse mellom referansesystemet og FieldWiz for **v (fart)**. Differansen er målt hvert 0.05 sekund (20Hz). 89927 målinger. Enhetene er meter per sekund [m/s]. SD = standardavvik. 34
- Figur 11** viser Bland Altman-plot for differanse mellom referansesystemet og FieldWiz for **aImpuls**. Differansen er målt hvert 0.05 sekund (20Hz). 89927 målinger. KV/s = Kroppsvekt per sekund. SD = standardavvik..... 35
- Figur 12** viser Bland Altman-plot for differanse mellom referansesystemet og FieldWiz for **aReaksjonskraft**. Differansen er målt hvert 0.05 sekund (20Hz). 89927 målinger. KV = Kroppsvekt. SD = standardavvik. 35
- Figur 13** viser Bland Altman-plot for differanse mellom referansesystemet og FieldWiz for **aBremsende**. Differansen er målt hvert 0.05 sekund (20Hz). 89927 målinger. m = meter. s = sekunder. SD = standardavvik..... 36

Figur 14 viser Bland Altman-plot for differanse mellom referansesystemet og FieldWiz for Helning° . Differansen er målt hvert 0.05 sekund (20Hz). 89927 målinger. Enheten er grader (°). SD = standardavvik.	36
Figur 15 er histogram av differansen i fart (Δv) for all data mellom referansesystemet og FieldWiz i meter per sekund (m/s) uttrykt som prosentfordeling innenfor hvert differanseintervall. Tallene på x-aksen viser senter av differanseintervallene. IKD = interkvartil differanse.	37
Figur 16 er histogram av differansen i aReaksjonskraft for all data mellom referansesystemet og FieldWiz i kroppsvekt (KV) uttrykt som prosentfordeling innenfor hvert differanseintervall. Tallene på x-aksen viser senter av differanseintervallene. IKD = interkvartil differanse.....	38
Figur 17 er histogram av differansen i aImpuls for all data mellom referansesystemet og FieldWiz i kroppsvekt per sekund (KV/s) uttrykt som prosentfordeling innenfor hvert differanseintervall. Tallene på x-aksen viser senter av differanseintervallene. IKD = interkvartil differanse.	38
Figur 18 er histogram av differansen i aBremsende for all data mellom referansesystemet og FieldWiz uttrykt som prosentfordeling innenfor hvert differanseintervall. Tallene på x-aksen viser senter av differanseintervallene. IKD = interkvartil differanse. m = meter. s = sekund.	39
Figur 19 viser trajektorie for FieldWiz og referansesystemet for to nedkjøringer på treningsdag 1 på Juvass. Trajektorie A viser en nedkjøring med differanse som kan skyldes drift. Trajektorie B viser to svinger hvor det kan observeres differanse som kan skyldes tilfeldige feil.	45
Figur 20 er en visuell fremstilling av parametere som kan beskrive en treningsøkt i alpint. Figur 20 er en oppdatert versjon av figur 2 med fargekoder som representerer funn i studien. Grønn = kan brukes. Gul = kan brukes for noen applikasjoner.	49

Vedlegg

- 1) Svar på søknad til Etisk Komité ved Norges Idrettshøgskole
- 2) Samtykkeskjema

- **Søknad 98-200619 – Prestasjon og treningsanalyse i alpint**

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

I henhold til retningslinjer for behandling av søknad til etisk komite for idrettsvitenskapelig forskning på mennesker, ble det i komiteens møte av 20. juni 2019 konkludert med følgende:

Vurdering

Prosjektet omfatter bruk av måleutstyr under trening for landslaget i alpint. Prosjektet innebærer ingen vesentlig økning av risiko for skader. Komiteen kan således ikke se at det er behov for særskilt beredskap som følge av studien under forutsetning av at ordinære sikkerhetstiltak under trening og eventuelle renn er ivarettatt.

I informasjonsskrivet fremgår det at alle skader skal dekkes av egen helseforsikring. Komiteen gjør oppmerksom på at NIH er selvassurandør. Dette innebærer at NIH selv dekker skader som deltakerne måtte bli påført som følge av forskningen. Utenfor faller andre skader som skjer som ledd i konkurranse og/eller trening som ikke er en del av selve forskningen. Dette bør presiseres i samtykkeskrivet.

Komiteen mener for øvrig at informasjonsskrivet for norske landslagskjørere bør foreligge på norsk.

Vedtak

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

- *Vilkår fra NSD følges*
- *NIHs ansvar for ev skader presiseres i informasjonsskrivet*
- *Informasjonsskrivet er på norsk*

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

Med vennlig hilsen
Professor Sigmund Loland
Leder, Etisk komite, Norges idrettshøgskole

Forespørsel om deltakelse i forskningsprosjektet:

«Analyse av prestasjon, motorisk kontroll og treningsbelastning i alpint.»

Formål

Hensikten med prosjektet er å identifisere viktigheten av de biomekaniske faktorene som bestemmer prestasjon i alpint og å utvikle en metode for å kvantifisere treningsbelastning i alpint.

Bakgrunn

Alpint er en idrett med stor variasjon i ytre forhold, som løypesetting, terreng, løypeforberedelse og snøforhold. Samtidig er måling av prestasjon utfordrende fordi det er en utendørs idrett, som foregår i en høy hastighet og over lange løyper. Derfor er de biomekaniske faktorene som bestemmer ytelse i det store antallet forskjellige skisituasjoner ikke godt forstått, og det er behov for å forbedre forståelsen for hvordan skiteknikk, motorisk kontroll og taktikk påvirker ytelsen i forskjellige skisituasjoner.

Overvåking av treningsbelastning i idretten brukes som et verktøy for å analysere hvordan trening påvirker prestasjoner og helse hos idrettsutøvere. I alpint mangler denne overvåkingen i stor grad, selv på høyeste nivå, og dermed er belastningsanalyse foreløpig ikke mulig, og det er derfor behov for å utvikle analysemetoder for å overvåke treningsbelastningen i alpint.

Implikasjoner for deltakerne

For å analysere faktorene som bestemmer prestasjon og for å analysere treningsbelastningen i alpint, spores utøverens posisjon, hastighet og de ytre kreftene som virker på utøverne av bærbar måleteknologi. Under trening har idrettsutøverene en liten sekk med total lav vekt med tre globale navigasjonssatellitsystem(GPS), hvor to inkluderer treghetsteknologi(IMU). Dataene blir i etterkant analysert for ytelse, og algoritmer utvikles for å analysere treningsbelastning.

Fordeler og ulemper for deltakerne

Fordeler

Som deltager vil du lære hvordan skiteknikken din, taktiske valg og motorisk kontroll påvirker prestasjon og helsen din gjennom treningene.

Ulemper

Som deltaker vil du ha måleutstyr på kroppen din, en enkel enhet med GPS og IMU. Måleinstrumentene som bæres på kroppen sørger for at du har en minimalt økt risiko for å bli mer alvorlig skadet enn hvis du ikke hadde på deg utstyret i tilfelle du krasjer.

Personvern

Informasjon registrert om deg som forsøksperson vil bli behandlet konfidensielt i samsvar med gjeldende regler for anonymitet. Informasjon registrert er alder, kjønn, høyde, vekt og resultater fra aktuelle tester. Sluttdatoen for prosjektet er 08.05.2022. Dataene dine blir anonymisert, og nøkkelen som tillater å koble dataene til deg som person vil bli slettet.

Levering av materiale og informasjon til andre: Hvis du samtykker i å delta i studien, gir du også ditt samtykke til at informasjon som er anonymisert blir brukt i vitenskapelige publikasjoner.

Rett til å få tilgang til og slette informasjon om deg, og slette data

Hvis du ønsker å delta i studien, har du rett til å ha tilgang til informasjon om deg. Du har også rett til å rette opp eventuelle feil i informasjonen som er registrert, retten til å sette begrensninger i informasjonen som er samlet om deg og til portabiliteten til dine data. Hvis du trekker deg fra studien, kan du be om å få slettet data og all informasjon slettet, med mindre informasjonen allerede er lagt inn i analysen eller har blitt brukt i vitenskapelige publikasjoner. Du har rett til å klage til datatilsynet <https://www.datatilsynet.no/> eller personvernombudet ved Norges idrettshøgskole: personvernombud@nih.no.

Forsikring

Norges Idrettshøgskole dekker eventuelle skader og ulykker deltakere kan ha. Deltakerne må ha en gyldig helseforsikring.

Informasjon om utfallet av studien

Utfallet av prosjektet vil bli publisert gjennom vitenskapelige publiseringer av forskerne som er involvert og rapportert til FIS.

Frivillig deltakelse

Deltakelse i studien er frivillig og idrettsutøvere kan trekke seg fra studien uten begrunnelse. Hvis du ønsker å trekke tilbake samtykke for deltakelse i studien, kan du kreve at de innsamlede helse- og personopplysningene blir slettet. Muligheten for å tilbakekalle samtykke, kreve sletting av data eller å tas ut av datasettet gjelder ikke hvis informasjonen alt har kommet inn i vitenskapelig arbeid, jfr. biobankloven § 14 tredje ledd. Hvis du ønsker mer informasjon om prosjektet, kan du kontakte prosjektpersonalet.

Kontaktinformasjon for spørsmål

Matthias Gilgien +47 45676656 eller matthias.gilgien@nih.no, Norges idrettshøgskole, Sognsveien 220, 0863 Oslo, Norge

Informert samtykke for deltakelse i studien: «Analyse av prestasjon, motorisk kontroll og treningsbelastning i alpint.»

Med min signatur bekrefter jeg at jeg har lest og forstått informasjonen som er gitt i dette skjemaet og samtykker i å delta frivillig i denne studien.

Utøvers navn:

Dato: Signatur: