



Folksams test av
cykelhjälm för vuxna
2017

Folksam

Därför testar vi cykelhjälm

Varje dag drabbas tre cyklister av skullskador i Sverige, vilket är bland det farligaste en cyklist kan råka ut för. Statistik från verkliga olyckor visar svart på vitt att cykelhjälmens betydelse är av mycket stor betydelse. Två av tre av alla skullskador vid cykelolyckor hade kunnat undvikas om cyklisten burit hjälm.

Vi engagerar oss i det som är viktigt för våra kunder och för dig. När vi testar och rekommenderar säkra cykelhjälm tror vi att det kan bidra till en tryggare tillvaro och ge tips om hur du förebygger skador.

Hur får en cykelhjälm märkningen Bra val?

Hjälm som får det bästa totalresultatet i Folksam's test av cykelhjälm får märkningen Bra val. Symbolen Bra val får bara användas av produkter och tjänster som fått bäst betyg i någon av våra tester.



Helena Stigson

Helena Stigson
Trafiksäkerhetsforskare

Sammanfattning

Folksam har testat elva cykelhjälm för ungdomar och vuxna på den svenska marknaden. Alla hjälmar som ingår i testet är sedan tidigare testade och godkända enligt CE-standard, som innebär att hjälmarnas stötdämpningsförmåga är testad vid rakt slag mot hjälmen. Detta speglar inte till fullo olycksförloppet vid en cykelolycka. När en cyklist ramlar omkull eller blir påkörd av en bil och slår i huvudet, blir islaget i princip alltid snett mot marken eller bilen. Vi har efterliknat detta i Folksams test av cykelhjälm eftersom ett snett slag mot huvudet kan orsaka svåra personskador såsom kraftig hjärnskakning, vilken kan ge långvariga konsekvenser.

Fyra krocktester är genomförda: test av hjälmens skyddsförmåga i cykelolyckor med olika islagsvinklar – snett islag mot ovandelen av hjälmen, snett islag mot sidan av hjälmen och snett islag mot främre delen av hjälmen samt ett rakt islag enligt liknande principer som i certifieringstester som utvärderar hjälmarnas stötupptagning. Dessutom har en datasimulering genomförts för att bättre värdera risken för skada vid de sneda islagen baserat på testresultaten. I datasimuleringen används en modell av människohjärnan som är framtagen av forskare vid Kungliga Tekniska Högskolan. Eftersom datasimuleringsmodellen är uppbyggd utifrån hjärnans toleransnivåer, användes denna för att avgöra om de uppmätta värdena var skadliga samt vilken hjälm som reducerar krafterna på hjärnan bäst.

Totalt utmärker sig fyra hjälmar i testet och får Folksams utmärkelse *Bra val*: Bell Event XC MIPS, Bell Super 3 MIPS, Occano U MIPS Inmold HLM och Specialized S-Works Prevail II. Alla utom Specialized S-Works Prevail II är utrustade med MIPS (Multi-directional Impact Protection System) avsett att minska rotationshastigheten av huvudet vid sneda islag. Folksams tester visar att det finns en stor spridning av resultaten mellan hjälmarna i de olika testerna och att det därmed finns potential att göra dem säkrare. Alla cykelhjälm behöver bättre kunna mildra huvudets rotationsacceleration vid islag för att förebygga hjärnskador. Testerna visar också att det är möjligt att uppfylla kravet i certifieringstestet med stor marginal men att det trots det inte helt förhindrar att en cyklist kan få hjärnskakning vid en olycka. Därför är det angeläget att se över nuvarande testkriterier för godkännande av hjälm.

Den största skillnaden mellan en bra och en dålig hjälm är hur väl den skyddar huvudet vid sneda islag. För att undvika att hjälm säljs utan rotationsskydd bör lagkraven ändras så att även sneda islag omfattas. Folksam har sedan 2012 utfört hjälmtester för att hjälpa konsumenter att välja en säker hjälm och för att påverka hjälmstillverkare att göra säkrare hjälm. Andelen hjälm med rotationsskydd har under denna period ökat kraftigt, vilket visar att konsumenttester är viktiga för att driva på utvecklingen. Vi har tidigare visat att så kallad skatehjälm ger generellt högre testvärden. Det är därför glädjande att en av de hjälm som vi utser till Bra val är just en skatehjälm.

Bakgrund

Varje dag drabbas tre cyklistar av huvudskador i Sverige (STRADA), vilket är bland det farligaste en cyklist kan råka ut för. Totalt inträffar 70 procent av alla huvudskador vid singelolyckor, det vill säga när de kör omkull utan att någon annan varit inblandad¹. Mindre än en femtedel av alla huvudskador uppstår vid kollision med bil men dessa resulterar oftast i de allvarligaste följderna. Statistik från verkliga olyckor visar svart på vitt att cykelhjälmens betydelse är av mycket stor betydelse. Två av tre skallskador vid cykelolyckor hade kunnat undvikas om cyklisten burit hjälm (Rizzi m.fl., 2013). Vid svårare skallskador är skyddseffekten än högre (Thompson m.fl., 2009). Olycksstatistik visar att de vanligaste skadorna på huvudet är islag mot tinningen eller bakhuvudet (Bjornstig m.fl., 1992).

I dagens certifieringstester där hjälmen släpps rakt mot ett platt stöd och ett kantstensstöd utvärderas endast energiupptagningen vid ett rakt slag. En godkänd hjälm ska klara gränsvärdet 250g (Svensk standard SS-EN 1078 alternativt SS-EN 1080). Stöten som provhuvudet utsätts för vid testet måste därför understiga 250g och testet speglar framförallt risk att drabbas av en skallfraktur vid ett slag mot huvudet. Risken för hjärnskakning eller allvarligare skador så som diffus axonal skada (DAI), blödning eller kontusion är inte kopplat till translationsaccelerationen utan mer till rotationsaccelerationen och rotationshastigheten (Gennarelli m.fl., 1987, Holbourn, 1943, Löwenhielm, 1975). Forskare (Margulies och Thibault, 1992, Kleiven, 2007) har visat att hjärnan är mycket känsligare för rotationsrörelse än de linjära krafterna. Trots detta mäts endast translationsacceleration i dagens certifieringstester och därmed optimeras hjälmar främst för det raka slaget som inte till fullo speglar slaget vid en cykelolycka.

Syfte

Folksams test av cykelhjälm för ungdomar och vuxna syftar till att utvärdera dagens hjälmars stötdämpningsförmåga vid såväl raka slag som vid sneda slag mot huvudet för att bättre än lagkraven täcka in olika skadegenererande olycksförlopp. Detta för att kunna ge konsumenter och butiksägare ett bättre underlag vid val av cykelhjälm. Dessutom hoppas vi med Folksams tester kunna påverka hjälmstillverkare till att göra bättre hjälmar.

Metod

Totalt ingår elva cykelhjälm i testet, Tabell 1. När vi valde ut hjälm för årets test ville vi hitta de vanligaste hjälmarna på den svenska marknaden som vi ännu inte hade testat. Vi tittade på utbudet i de vanligaste cykel-, sport- och webbutikerna och rådfrågade personal i sportbutiker. Hjälmar som utmärkte sig i testet från 2015 är fortfarande ett bra val.

¹ Statistiken är baserat på data från Stada Sjukvård skadeår 2014

Tabell 1. I studien ingående hjälmar

Cykelhjälm 2017	MIPS	Pris (kr)
ABUS URBAN-I 2.0	nej	750-900
Bell Event XC MIPS	ja	900-1 050
Bell super 3 (R) MIPS	ja	1 700 (2000-2500 med hakskydd)
Bern Brentwood	nej	650
B'TWIN MTB 500	nej	300
GIRO TRINITY MIPS	ja	600-800
Occano U MIPS Inmold HLM	ja	600
Specialized Ambush	nej	1 100-1 600
Specialized S-Works Prevail II	nej	1 900-2 400
Spectra Urbana EV1 MIPS	ja	800-1 000
TEC Umbra EV1 MIPS	ja	800-900

* Hjälmen har ett så kallat MIPS-system, ett extra skydd som skall mildra rotationsvåldet vid sneda islag

Sex av hjälmarna (Bell Event XC MIPS, Bell super 3 (R) MIPS, GIRO Trinity MIPS, Occano U MIPS Inmold HLM, Spectra Urbana EV1 MIPS och TEC Umbra EV1 MIPS) har ett så kallat Multi-directional Impact Protection System (MIPS) med syfte att minska huvudets rotation vid ett islag. Skyddet bygger på ett extra lågfriktionskal på insidan av hjälmen som kan glida på hjälmens insida. Alla hjälmar i testet är CE-märkta, i enlighet med den europeiska säkerhetsstandarden (Svensk standard SS-EN 1078). Hjälmar som ingår i testet ligger i prisintervallet 300 – 2 400 kr.

De fyra ingående slagproven är utformade för att jämföra hjälmarnas förmåga att ta upp slagenergi samt att utvärdera hjälmens skyddsförmåga vid en cykelolycka. Följande tester är genomförda: Ett rakt slagprov enligt liknande principer som i certifieringstestet och tre tester av hjälmens skyddsförmåga i en cykelolycka (snett islag mot ovandelen av hjälmen, snett islag mot sidan av hjälmen, snett slag mot främre delen av hjälmen), Tabell 2. De uppmätta accelerationspulserna från dessa tester har därefter applicerats på en validerad datasimuleringsmodell av människohjärnan (Kleiven, 2003, Kleiven, 2006b, Kleiven, 2007). Två hjälmar testades för varje testmoment för att minska inverkan av mätosäkerhet.

Tabell 2. Beskrivning av de tre ingående krocktesterna

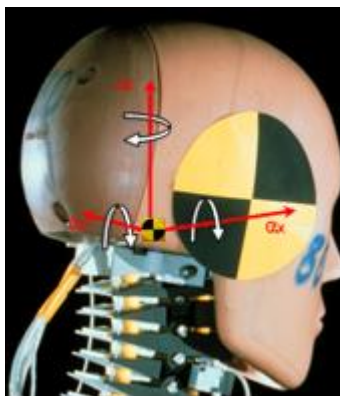
Prov	Testhastighet	Beskrivning
Slagprov enligt certifieringstest <i>Test av hjälmens stötupptagning. Rakt islag.</i>	20 km/h	Hjälmen släpps mot en horisontell yta, vilket endast speglar hjälmens stötupptagning vid raka islag.
Cykelolycka 1 – rotation kring X-axeln <i>Test av hjälmens skyddsförmåga i en cykelolycka. Snett islag mot sidan av hjälmen.</i>	22 km/h	Hjälmen släpps mot ett lutat plan (45°), vilket exempelvis speglar ett fall från cykelns sida alternativt blir påkörd av ett motorfordon.
Cykelolycka 2 – rotation kring Y-axeln <i>Test av hjälmens skyddsförmåga i en cykelolycka. Snett islag mot ovandelen av hjälmen.</i>	22 km/h	Hjälmen släpps mot ett lutat plan (45°), vilket exempelvis speglar ett fall över styret.
Cykelolycka 3 – rotation kring Z-axeln <i>Test av hjälmens skyddsförmåga i en cykelolycka. Snett islag mot främre delen av hjälmen.</i>	22 km/h	Hjälmen släpps mot ett lutat plan (45°), vilket exempelvis speglar ett fall från cykeln med snett slag mot främre delen av huvudet.

Provhuvud

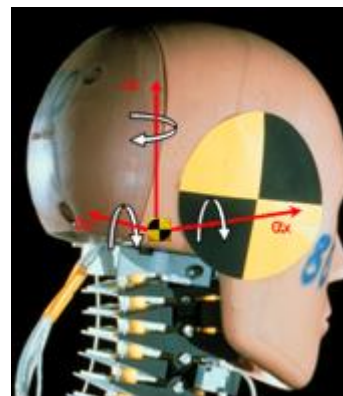
Vid testet som genomfördes enligt *SS-EN 1078 Hjälmar för cyklister, skateboard- och rullskridskoåkare*, kapitel 5.4 användes EN 960-provhuvud av storleken 575 och 605, Figur 1. Vid testerna som efterliknar en cykelolycka användes ett huvud från en krockdocka (Hybrid III) som motsvarar en vuxen man i 50:e percentilen med en huvudomkrets av 58 cm. Hybrid III-dockans huvud är mer likt ett mänskligt huvud än det provhuvud i aluminium som används vid certifieringstester. Eftersom testen i denna studie bland annat ska spegla sneda islag krävs ett dockhuvud som har liknande egenskaper som ett människohuvud. Provhuvudet var utrustat med accelerometrar som ger mätvärden för både translations- och rotationsaccelerationer i alla riktningar. Accelerometrarnas värden filtrerades enligt CFC1000. I resultattabellerna redovisas två accelerationsbaserade storheter: translations- och rotationsacceleration. Translationsacceleration är den resulterande linjära accelerationen från mätningarna längs riktningarna x, y och z, Figur 2. Rotationsacceleration som mäts i radianer/s², är den resulterande vinkelaccelerationen från mätningarna runt x, y och z-axeln, Figur 3. Vidare uppmättes rotationshastigheten. Skadekriteriet BrIC beräknades för de tre islagen. BrIC är ett skadekriterium som NHTSA, den amerikanska motsvarigheten till Trafikverket, tagit initiativ till att utarbeta för att väga samman rotationsacceleration och rotationshastighet (Takhounts m.fl., 2013).



Figur 1. EN 960-provhuvud som används vid certifieringstestning



Figur 2. Translationsacceleration - Linjär acceleration i tyngdpunkten längs x, y och z-axeln



Figur 3. Rotationsacceleration - Acceleration i rotationsled runt x, y och z-axeln

Slagprov – rakt islag

Testet genomfördes enligt liknande principer som gäller vid certifieringstest *SS-EN 1078 Hjälmar för cyklister, skateboard- och rullskridskoåkare*, kapitel 5.4 (SS-EN1078). Hjälmarerna släpps från 1,5 m mot en horisontell yta vilket resulterar i en islagshastighet av 5,42 m/s (19,5 km/h), Figur 4. Testet speglar endast hjälmarnas stötupptagning vid raka islag och translationsaccelerationen får inte överstiga 250g. Slagprovet genomfördes endast i en hjälmposition där det hjämbeklädda huvudets initiala vinkel var 0 grader. Detta för att minimera inverkan av hjälmarnas design. Provet utfördes i 20°C.

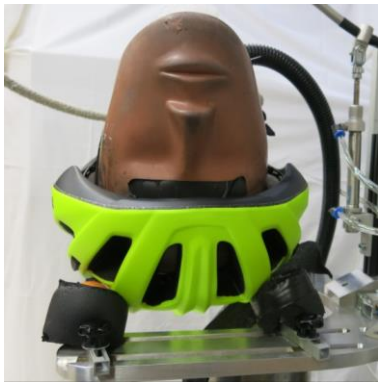


Figur 4. Hjälmprovsningsrigg på RISE som används för det raka islaget

Test av hjälmens skyddsförmåga i en cykelolycka – Snett islag

För att testa hjälmarnas skyddsförmåga vid en cykelolycka har det hjämbeklädda huvudet utsatts för sneda islag. Detta åstadkoms genom att det hjämbeklädda huvudet accelereras vertikalt av gravitationen mot marken och träffar en vinklad (45°) sandpappersbeklädd stålplatta med en vertikal islagshastighet på 6,0 m/s (21,6 km/h). Det sneda islaget, då det hjämbeklädda huvudet träffar plattan, medför att huvudet utsätts för en kombination av translations- och rotationsacceleration. Testet utvärderar därmed hjälmens energiupptagning för ett snett islag mot huvudet till skillnad från dagens certifieringstester där hjälmen släpps rakt ner mot ett horisontellt underlag. I testet mäts både den translationsaccelerationen och rotationsaccelerationen men testet är framförallt till för att analysera hur mycket av rotationsvåldet som tas upp av hjälmen. Testmetoden är framtagen av arbetsgruppen CEN Working Group 11 “Rotational Test Methods” inom den europeiska säkerhetsstandarden (Willinger m.fl., 2014, CEN/TC158-WG11, 2014).

Totalt testades elva olika hjälmmodeller för tre olika islag, Figur 5-7. Testningen upprepades så att varje hjälmmodell testades för de tre islagen två gånger. I tabellerna redovisas medelvärden för varje hjälmmodell. Stor noggrannhet lades vid att positionera hjälmarna utifrån dockhuvudets koordinatsystem. Ett mätinstrument för att mäta huvudets initiala vinkel användes för att ställa in huvudets position. Hjälmar testats mot en sandpappersbeklädd stålplatta. Cykelolyckor med huvudislag kan ske mot många olika objekt och underlag. Anledningen till att hjälmarna testades mot en sandpappersbeklädd stålplatta är att den är robust och ger lika testvillkor för samtliga hjälmar. Friktionen motsvarar ungefär asfalt.



Figur 5. Det hjälmklädda huvudets initiala position vid snett islag från sidan (rotation kring x). I slag 1 var huvudets initiala riktning så att näsan pekade 90° åt höger. Huvudets initiala vinklar kring X-, Y- och Z-axeln var 0°.



Figur 6. Det hjälmklädda huvudets initiala position vid snett islag på ovandel av hjälmen (rotation kring y) I slag 2 var huvudet roterat 180° och huvudets initiala vinklar kring X-, Y- och Z-axeln var 0°.

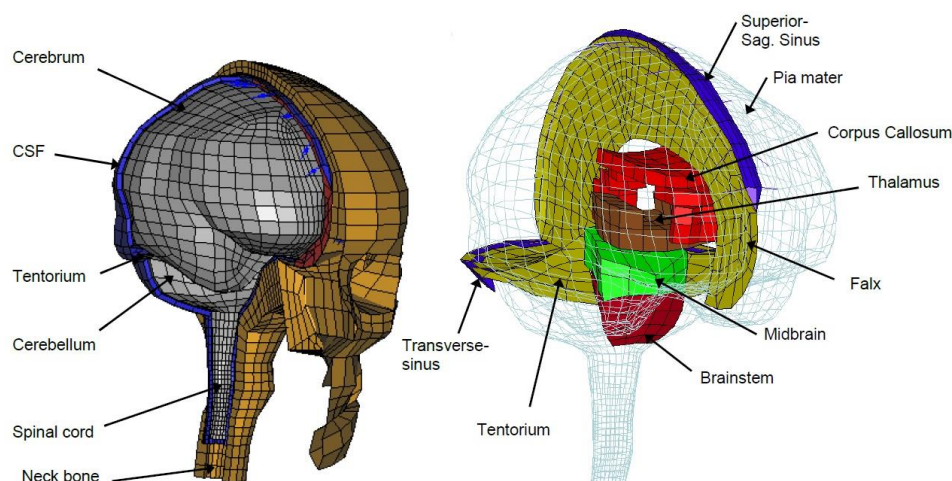


Figur 7. Det hjälmklädda huvudets initiala position vid snett islag på främre delen av hjälmen (rotation kring z) I slag 3 var vinkeln kring y-axeln 70°.

Alla tester genomfördes vid RISE, Research Institutes of Sweden AB, tidigare SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut.

Datasimulering

Risken för en hjärnskada är svår att uppskatta utifrån endast accelerationspulserna eftersom det idag inte finns några vedertagna skadetoleranser för rotationsvåld mot huvudet vid ett slag. Vi har därför valt att använda en datasimuleringsmodell utvecklad av forskare på Kungliga Tekniska Högskolan (KTH) som väger samman olika riskfaktorer. Vid datasimuleringen används de uppmätta accelerationspulserna i krockdockans huvud som ingångsvärden till en simuleringsmodell (Finit Element-modell) av människohjärnan (Kleiven, 2003, Kleiven, 2006b, Kleiven, 2007), Figur 8. Modellen visar hur hjärnan påverkas under själva förloppet och hur stor risk det är att slaget orsakar en hjärnskada. Eftersom simuleringsmodellen är uppbyggd utifrån hjärnans toleransnivåer, användes denna för att avgöra om de uppmätta värdena i dockhuvudet vid de experimentella testerna var skadliga samt vilken hjälm som reducerade rotationsvåldet som hjärnan utsattes för bäst. Modellen har tidigare visat att sneda slag med rotationsacceleration är mera skadliga för hjärnan än raka slag med endast translationsacceleration (Kleiven, 2007).



Figur 8. Finit element-modell av människohjärnan

Huvudmodellen har validerats mot flera hjärnrörelseexperiment (Kleiven och Hardy, 2002), intracerebrala accelerationsexperiment (Kleiven, 2006b), skallbensfrakturexperiment (Kleiven, 2006a) och experimentella mätningar av intrakraniellt tryck (Kleiven och Hardy, 2002). Dessa experimentella data som används omfattar fyra islagsriktningar (frontalt, occipitalt, lateralt och axiellt), korta och långa durationer (2-150 ms), hög och låg skadenivå (hjärnskakning till dödligt) samt både penetrerande och icke-penetrerande skador. Dessutom är den matematiska modellen validerad mot verkliga huvudslag (Kleiven, 2007). Totalt har 58 fall från amerikansk fotboll, NFL, analyserats. Av dessa fick 25 en hjärnskakning varav 4 fick allvarlig hjärnskakning med medvetslöshet. Vidare har modellen används för att studera hjärnskakningar vid huvudslag under australiensisk fotboll där spelarna inte använder hjälm (Patton, 2014).

Datasimuleringen genomfördes av forskare vid avdelningen för Neuronik, Skolan för Teknik och Hälsa, KTH. Vid simuleringen hade forskarna ingen vetskap om vilka de testade hjälmarna var. KTH har sedan 1996 arbetat med forskning kring hjälmsäkerhet. Datamodellen är framtagen av forskarna vid KTH och modellen möjliggör en sammanvägning av de uppmätta värdena från krocktesterna. Det är resultatet från dessa simulering som vi använder för att bedöma hjälmarnas säkerhetsnivå relativt mot varandra.

Skadekriterier

Den matematiska modellen predikterar 50 % risk för hjärnskakning vid töjningar på 26 % i den gråa hjärnvävnaden. Simuleringen visar vilken maximal töjning som sker i hjärnans vävnad vid varje test, vilket i sin tur kan översättas till risk för skada.

Resultat

Nedan redovisas resultaten från fyra testerna: ett slagprov enligt liknande principer som i certifieringstester, och tre sneda islag (snett islag mot oändelen av hjälmen, snett islag mot sidan av hjälmen och ett snett islag mot främre delen av hjälmen).

Rakt islag – hjälmens förmåga att absorbera energi

Vid samtliga tester uppmättes värden som var under dagens hjälmstandarder där tröskelvärdet är 250g, Tabell 3. I årets test uppmättes det lägsta värdet (bortsett från huvudskyddet Hövding 2.0) sedan Folksam började testa cykelhjälm. Vid testet av hjälmen Specialized S-Works Prevail II uppmättes 131g jämfört med 250 g som är tillåtet. Högst värde uppmättes i B'TWIN MTB 500 (191 g). Medelvärde var 165 g och medianen 177 g.

Tabell 3. Uppmätta värden vid rakt islag

Fabrikat	Translationsacceleration (g)
ABUS Urban-I 2.0	187
Bell Event XC MIPS	155
Bell Super 3 MIPS	141
Bern Brentwood	184
B'TWIN MTB 500	191
GIRO Trinity MIPS	177
Occano U MIPS Inmold HLM	152
Specialized Ambush	141
Specialized S-Works Prevail II	131
Spectra Urbana EV1 MIPS	183
TEC Umbra EV1 MIPS	177
Medel	165/ 177

Sneda islag - Hjälms förmåga att mildra rotationsvåld

Totalt genomfördes tre tester som speglar hjälms skyddsförmåga i en cykelolycka med snett islag mot hjälmen (rotation kring X, Y eller Z-axeln). Generellt var töjningen 13 till 37 % lägre i hjärnmodellen då hjälmar med MIPS jämfördes med hjälmar utan MIPS. Vid islaget mot sidan av hjälmen som orsakar rotation kring X-axeln uppmättes lägsta rotationsacceleration ($4\,504 \text{ radianer/s}^2$) vid testning av Giro Trinity MIPS och lägsta rotationshastighet (17,2 radianer/s) då Spectra Urbana EV1 MIPS testades. Högst värden uppmättes vid testning av Bern Brentwood. Töjningsvärdet var 2,1 gånger högre då den jämfördes med den hjälm där den lägsta töjningen uppmättes. Sammantaget varierade töjningen mellan 13-28 % i den gråa hjärnvävnaden. I alla hjälmar utom i Bern Brentwood uppmätta värden under gränsen för 50 % risk för hjärnskakning (26 % töjning).

Vid islaget där hjälms förmåga att ta upp rotation kring Y-axeln uppmättes högst värden då Abus Urban-I 2.0 testades. Lägst töjning uppmättes då Bell Event XC MIPS testades. Tillsammans med Bell Super 3 MIPS var det de enda hjälmarna där töjningen i hjärnan var under gränsvärdet för 50 % risk för hjärnskakning. Töjningen varierade mellan 25-36 % i den gråa hjärnvävnaden vid islaget riktat mot hjälms ovandel som gav rotation kring y-axeln. Även vid det sneda islaget mot hjälms främre del (rotation kring z-axeln) uppmättes högre värden än vid islaget mot hjälms sida (rotation kring x-axeln). Högst töjningar uppmättes i hjälmarna i Bern Brentwood och B'TWIN MTB 500 (31-32 %). Lägst töjning uppmättes då Bell Super 3 MIPS (21 %) testades. Totalt var det vid testning av fem hjälmar där gränsvärdet för hjärnskakning överskreds. Hjälmarnas skyddande förmåga har rangordnats utifrån den beräknade töjningen från FE modellen som presenteras i Tabell 4. Hjälmarna Bell Event XC MIPS, Bell Super 3 MIPS, Occano U MIPS Inmold HLM och Specialized S-Works Prevail II kommer generellt bäst ut i årets test och därmed får utmärkelsen *Bra val*.

Tabell 4. Uppmätta värden vid test som speglar cykelolycka med snett islag mot hjälmens sida (rotation kring x), ovandel (rotation kring y) och främre del (rotation kring z)

Fabrikat	SNETT ISLAG HJÄLMENS SIDA (ROTATION KRING X-AXELN)					SNETT ISLAG HJÄLMENS OVANDEL (ROTATION KRING Y-AXELN)					SNETT ISLAG HJÄLMENS FRÄMRE DEL (ROTATION KRING Z-AXELN)				
	T. ACC. [g]	R. ACC. [krad/s ²]	R. V [rad/s]	BrIC	Töjning [%]	T. ACC. [g]	R. ACC. [krad/s ²]	R. V [rad/s]	BrIC	Töjning [%]	T. ACC. [g]	R. ACC. [krad/s ²]	R. V [rad/s]	BrIC	Töjning [%]
Abus Urban-I 2.0	136,4	9,42	33,5	0,96	25,2	131,6	8,88	37,6	1,03	35,5	120,2	7,12	28,3	0,79	29,0
Bell Event XC MIPS	102,6	5,11	21,3	0,59	14,1	107,4	4,92	27,9	0,73	24,5	101,7	5,69	25,3	0,69	25,3
Bell Super 3 MIPS	102,9	4,90	24,3	0,65	17,1	96,8	5,42	32,2	0,83	25,1	92,2	4,58	23,2	0,62	20,7
Bern Brentwood	138,8	10,02	34,0	0,99	28,3	135,1	8,70	39,2	1,06	34,3	133,4	8,17	29,5	0,84	31,4
B'TWIN MTB 500	138,1	9,74	24,6	0,78	21,3	143,5	8,42	34,9	0,96	33,5	133,9	8,20	31,9	0,89	31,7
Giro Trinity MIPS	111,1	4,50	21,5	0,58	17,7	134,7	7,13	27,6	0,77	31,4	113,6	5,76	28,1	0,75	28,2
Occano U Mips Inmold HLM	120,5	6,49	24,7	0,70	16,2	121,0	6,35	34,5	0,90	26,9	107,4	5,89	27,5	0,74	24,0
Specialized Ambush	119,7	8,00	28,5	0,82	20,9	109,8	6,60	34,8	0,92	27,9	103,0	6,84	29,9	0,82	27,5
Specialized S-Works Prevail II	113,0	8,25	30,7	0,87	18,5	85,0	5,37	35,8	0,91	27,6	87,8	4,92	28,8	0,74	24,2
Spectra Urbana Ev1 MIPS	120,6	4,69	17,2	0,49	13,2	130,4	7,16	24,5	0,71	30,0	127,1	5,32	20,2	0,57	25,8
Tec Umbra Ev1 MIPS	113,8	6,44	25,3	0,64	21,7	130,3	7,73	29,4	0,83	30,9	111,8	5,78	20,8	0,59	24,7
Medel	119,8	7,05	26,0	0,73	19,5	120,5	6,97	32,6	0,88	29,8	112,0	6,21	26,7	0,73	26,6
Median	119,7	6,49	24,7	0,70	18,5	130,3	7,13	34,5	0,90	30,0	111,8	5,78	28,1	0,74	25,8

Diskussion och slutsatser

Folksams test av elva cykelhjälm för ungdomar och vuxna visar att det finns en stor spridning mellan de testade hjälmarnas skyddsförmåga. Testerna visar också att det är möjligt att uppfylla lagkravet med stor marginal (131 – 191 g jämfört med lagkravets 250 g). Translationsaccelerationen som mäts i certifieringstestet för att godkänna hjälmar är främst kopplad till risken för skallfraktur medan rotationsacceleration och rotationshastigheten är kopplad till hjärnskador. Därför ingår tre tester där hjälmarna utsätts för sneda islag för att utvärdera hjälmarnas förmåga att minska rotationsvåld vid en cykelolycka. Resultatet visar tydligt att den största skillnaden mellan en bra och en dålig hjälm är hur väl den skyddar huvudet vid sneda islag. Cykelhjälm behöver bättre kunna mildra huvudets rotationsacceleration vid islag för att förebygga hjärnskador. Hjälmar som har rotationsskydd gav generellt lägre belastning på hjärnan. De flesta testade cykelhjälmarna skulle dock kunna bli betydligt bättre. För att undvika att hjälmar säljs utan rotationsskydd bör lagkraven ändras så att även sneda islag omfattas. Folksam har sedan 2012 utfört hjälmtester för att hjälpa konsumenter att välja en säker hjälm och för att påverka hjälmstillverkare att göra säkrare hjälmar. Andelen hjälmar med rotationsskydd har under denna period ökat kraftigt, vilket visar att konsumenttester är viktiga för att driva på utvecklingen. De populära så kallad skatehjälmarna har en stor fördel då de täcker större del av huvudet samt att det är mindre lätt att positionera hjälmen fel på huvudet. Vid testet 2012 kom de skatehjälmarna sämre ut än de traditionella cykelhjälmarna. Det är därför glädjande att en av de hjälmar som vi utser till Bra val är just en skatehjälm. Däremot vid testning av hjälmarna Abus Urban-I 2.0, Bern Brentwood och B'TWIN MTB 500 uppmättes så höga värden att Folksam avråder från att köpa dessa hjälmar.

En förklaring till spridningen i hjälmarnas testresultat är också skillnaden i geometrisk design. En cykelhjelmsdesign med många ventilationshål och kanter är mer mottaglig för en större spridning beroende på islagspunkt. Om exempelvis en kant träffas vid islaget så kan detta påverka de uppmätta accelerationerna negativt. Vidare kan spridningen bero på att hjälmen suttit olika hårt på provhuvudet. Att hjälmarna satt lika hårt på huvudet är svårt att kontrollera. Hjälmar monterades på huvudet med avsikten att nackjusteringssystemet justerades så lika som möjligt enligt samma procedur som vid certifieringstester. Spridningen av resultaten återspeglar dels av hjälmarnas variation i energiupptagningsförmåga, men framför allt av att flera hjälmstillverkare inte utvecklar hjälmarna för sneda islag. För att minska inverkan av mätosäkerhet testades två hjälmar för varje testmoment.

Alla hjälmar som ingår i testet uppfyller de krav som ställs på en cykelhjälm vid certifiering. Certifieringstestet omfattar dock inte hjälmens förmåga att mildra rotationsvåld. Resultatet från Folksams test visar tydligt att en hjälm som klarar dagens krav på 250 g ändå kan ge hjärnskakning. Hjärnskakning med eller utan medvetlöshet inträffar i många aktiviteter, oftast till följd av att hjärnan utsätts för rotationsvåld vid antingen ett direkt eller indirekt våld mot huvudet. Hjärnskakningar kan leda till bestående besvär med exempelvis minnesstörningar, huvudvärk och andra neurologiska symtom. I åtta procent av fallen som rapporteras till Folksam, där en person drabbats av en huvudskada i samband med en olycka, leder till långvariga besvär med medicinsk invaliditet (Malm m.fl., 2008). Rotation av huvudet kan också ge upphov till mer allvarliga skador såsom deformation av hjärnvävnad, vilket kan leda till diffusa hjärnskador (DAI - Diffuse Axonal Injury). Risken för en hjärnskada är dock svårare att uppskatta endast utifrån accelerationspulserna då det idag inte finns några vedertagna skadetoleranser för rotationsvåld mot huvudet vid ett islag. De flesta studier som har visat risksamband mellan rotation och hjärnskada bygger på studier baserade på djurförsök

alternativt matematiska modeller av hjärnan (Kleiven, 2007, Newman m.fl., 2000, Newman m.fl., 2005, Zhang m.fl., 2004). I detta test har en datasimuleringsmodell, som beräknar töjningen i hjärnan och risk för hjärnskador, används för att utvärdera vilken hjälm som mest effektivt reducerar krafterna vid islag. Denna modell väger samman de ovan nämnda riskfaktorerna och är en av de mest tillförlitliga som finns att tillgå. Genom att enbart titta på de uppmätta maxvärdena så förbises inverkan av durationen. Därför har utvärderingen baserad på datamodellen vägt tungt. I testet har vi bedömt hjälmarnas säkerhetsnivå relativt mot varandra. Varje hjälms betyg som presenteras på folksam.se/cykel baseras på "medelhjälmen".

Trots lagkravets relativt höga gränsvärde på 250g visar studier att dagens hjälmar har en mycket hög skyddseffekt (Rizzi et al 2013). Men skyddseffekten kan bli betydligt högre om sneda islag liknande de som gjorts i denna studie så att även omfattas. Under ett antal år har diskussioner pågått om att införa just sneda islag i standarden för cykelhjälm (CEN/TC158-WG11, 2014). Den metod som använts i denna studie är den som just är under diskussion. Att ändra lagkraven är dock en utdragen process och vi kan inte vänta oss att de ändras inom de närmsta åren. Resultatet från denna studie tyder på att provmetoden för hjälmgodkännande bör förändras alternativt att fler konsumenttester genomförs för att driva på utvecklingen av cykelhjälms utformning. Folksam har testat hjälmar sedan 2012 och vi kan se att våra tester har påverkat utbudet i butikerna. Numera är det betydligt vanligare med hjälmar med rotationsskydd trots att detta är inget som hjälmtilverknarna premiernas för i lagkravstesterna.

Det är därför av stor vikt att konsumenttester driver utvecklingen framåt med tuffare krav på de hjälmar som säljs. Vi hoppas med denna studie att öka konsumenternas medvetenhet när det gäller val av cykelhjälm och på så sätt bidra till att efterfrågan på säkra hjälmar ökar. Detta kan då påskynda en förändring av lagkraven.

Referenser

Andersson, T., P.-O. Larsson och U. Sandberg (1993). Chin strap forces in bicycle helmets. Ingår i.: SP, Swedish National Testing and Research Institute.

Asiminei, A., G. van der Perre, I. Verpoest och J. Goffin. (2009). A transient finite element study reveals the importance of the bicycle helmet material properties on head protection during an impact. Ingår i: The International Research Council on Biomechanics of Injury (IRCOBI) Conference, 2009 York, UK. 357–360.

Bjornstig, U., M. Ostrom, A. Eriksson och E. Sonntag-Ostrom (1992). Head and face injuries in bicyclists--with special reference to possible effects of helmet use. *Journal of Trauma*, 33(6), s. 887-93.

CEN/TC158-WG11 (2014). Cen/tc 158 - wg11 rotational test methods. Ingår i.

Fahlstedt, M. (2015). Numerical accident reconstructions - a biomechanical tool to understand and prevent head injuries. Doctoral Thesis, KTH Royal Institute of Technology.

Gennarelli, T., L. Thibault, G. Tomei, R. Wiser, D.I. Graham och J. Adams. 1987). Directional dependence of axonal brain injury due to centroidal and non-centroidal acceleration. . Ingår i: Proceedings of the 31st Stapp Car Crash Conference, Society of Automotive Engineers, 1987 Warrendale, PA.

Hansen, K., N. Dau, F. Feist, C. Deck, R. Willinger, S.M. Madey och M. Bottlang (2013). Angular impact mitigation system for bicycle helmets to reduce head acceleration and risk of traumatic brain injury. *Accident Analysis and Prevention*, 59, s. 109-17.

Holbourn, A.H.S. (1943). Mechanics of head injury. *Lancet* 2, s. 438–441.

- Kleiven, S. (2003). Influence of impact direction on the human head in prediction of subdural hematoma. *Journal of Neurotrauma*, 20(4), s. 365-79.
- Kleiven, S. (2006a). Biomechanics as a forensic science tool - reconstruction of a traumatic head injury using the finite element method. *Scand J Forens Sci.*, (2), s. 73-78.
- Kleiven, S. (2006b). Evaluation of head injury criteria using a finite element model validated against experiments on localized brain motion, intracerebral acceleration, and intracranial pressure. *Internal Journal of Crashworthiness*, 11(1), s. 65-79.
- Kleiven, S. (2007). Predictors for traumatic brain injuries evaluated through accident reconstructions. *Stapp Car Crash J*, 51, s. 81-114.
- Kleiven, S. och W.N. Hardy (2002). Correlation of an fe model of the human head with experiments on localized motion of the brain – consequences for injury prediction. *46th Stapp Car Crash Journal*: 123-144.
- Löwenhielm, P. (1975). Mathematical simulations of gliding contusions. *J. Biomech.*, 8, s. 351-356 doi:10.1016/0021-9290(75)90069-X.
- Malm, S., M. Krafft, A. Kullgren, A. Ydenius och C. Tingvall (2008). Risk of permanent medical impairment (rpm) in road traffic accidents. *Annu Proc Assoc Adv Automot Med*, 52, s. 93-100.
- Margulies, S.S. och L.E. Thibault (1992). A proposed tolerance criterion for diffuse axonal injury in man. *Journal of Biomechanics*, 25(8), s. 917-23.
- Mertz, H.J., P. Prasad och A.L. Irwin. (1997). Injury risk curves for children and adults in frontal and rear collisions. Ingår i: *Proceedings of the 41th Stapp Car Crash Conference*, 1997 Lake Buena Vista, Florida, US,. 13–30.
- Mills, N.J. och A. Gilchrist (2006). Bicycle helmet design. *Journal of Materials, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part L(Design and Applications 220)*, s. 167–180.
- Newman, J.A., M.C. Beusenberg, N. Shewchenko, C. Withnall och E. Fournier (2005). Verification of biomechanical methods employed in a comprehensive study of mild traumatic brain injury and the effectiveness of american football helmets. *Journal of Biomechanics*, 38(7), s. 1469-81.
- Newman, J.A., N. Shewchenko och E. Welbourne (2000). A proposed new biomechanical head injury assessment function - the maximum power index. *Stapp Car Crash J*, 44, s. 215-47.
- Patton, D.A. (2014). The biomechanical determinants of sports-related concussion: Finite element simulations of unhelmeted head impacts to evaluate kinematic and tissue level predictors of injury and investigate the design implications for soft-shell headgear. PhD Thesis, University of New South Wales.
- Rizzi, M., H. Stigson och M. Krafft. (2013). Cyclist injuries leading to permanent medical impairment in sweden and the effect of bicycle helmets. Ingår i: *Int. IRCOBI Conf. on the Biomechanics of Injury*, 2013 Gothenburg, Sweden.
- SS-EN1078 Hjälmar för cyklister, skareboard och rullskridskoåkare. (1997).
- SS-EN1080 Småbarnshjälmar - impact protection helmets for young children.
- Stigson, H., M. Hasselwander, M. Krafft, A. Kullgren, M. Rizzi och A. Ydenius (2012). In swedish: *Folksams cykelhjälmtest juni 2012*. Ingår i: *Folksam Forskning*.
- Stigson, H., M. Krafft, M. Rizzi, A. Kullgren, A. Ydenius och K. Lindmark (2013). *Folksams cykelhjälmstest maj 2013*. Ingår i: *Folksam forskning*.
- Takhounts, E.G., M.J. Craig, K. Moorhouse, J. McFadden och V. Hasija (2013). Development of brain injury criteria (bric). *Stapp Car Crash J*, 57, s. 243-66.
- Thompson, D.C., F.P. Rivara och R. Thompson (2009). Helmets for preventing head and facial injuries in bicyclists (review). *Cochrane Database of Systematic Reviews 1999*, (Issue 4. Art.).

Willinger, R., C. Deck, P. Halldin och D. Otte. (18-19 November 2014). Towards advanced bicycle helmet test methods. Ingår i: International Cycling Safety Conference 2014, 18-19 November 2014 Göteborg, Sweden.

Zhang, L., K.H. Yang och A.I. King (2004). A proposed injury threshold for mild traumatic brain injury. *Journal of Biomechanical Engineering*, 126(2), s. 226-36.