



Peter Planjšek,
Milan Čoh, Stanko Štuhec, Rok Vertič

Diagnostika hitrosti sprinterskega teka z laserskim merilnikom LDM-301

Izvleček

Razvoj sodobnega športa je vse bolj povezan z novimi tehnološkimi, strokovnimi, znanstveno-raziskovalnimi in organizacijskimi metodami v procesu treninga. Vrhunskih rezultatov danes ni mogoče več pričakovati na osnovi izkušenj, intuicije in drugih slučajnih dejavnikov. Postopki in odločitve v treningu morajo biti skrajno racionalni in kar se da učinkoviti. Da pa se lahko trenerji odločajo učinkovito, potrebujejo kvalitetne informacije. V treningu sprinta ni mogoče priti brez kompleksnih in integriranih biomehanskih metod do kvalitetnih informacij o formi šprinterja in učinkovitosti treninga. V Laboratoriju za gibalni nadzor in v Laboratoriju za biomehaniko smo razvili povsem novo metodologijo diagnosticiranja dinamike sprinterske hitrosti. Z laserskim merilnikom je mogoče ugotoviti ključne časovne parametre hitrosti v posameznih conah sprinterskega teka.

Ključne besede: atletika, sprint, merjenje hitrosti, sistem LAVEG.



Sprint speed diagnostics using the ldm-301 laser distance meter

Abstract

The development of modern sport is closely linked to the invention of new technological, expert, scientific, research and organisational methods in the training process. Today, a top sport performance can no longer be generated merely through experience, intuition and other random factors. The procedures and decisions related to sports training must be rational and as efficient as possible. However, coaches need high quality information to be able to take effective decisions. In sprint training it is impossible to acquire high quality information about a sprinter's form and the efficiency of the training without complex integrated biomechanical methods. The Laboratory for Motion Control and the Laboratory of Biomechanics have developed a completely new method for diagnosing the dynamics of sprint speed. The laser distance meter enables key time parameters of speed to be identified in individual sprint zones.

Key words: athletics, sprint, measurement of speed, LAVEG system

■ Uvod

Rezultati so na današnji stopnji razvoja športa vse bolj produkt programiranega in kontroliranega procesa treninga. To je kompleksen proces, ki ima v naprej definirane cilje, sredstva in metode transformacije športnika. V sodobnem atletskem treningu ima diagnostika, ki temelji na novih tehnologijah in tehnološko- metodoloških rešitvah izjemno pomembno funkcijo. Smisel diagnostičnih postopkov je ugotavljanje relevantnih in čim bolj objektivnih parametrov trenutne pripravljenosti športnika. Brez podatkov o biomotoričnih, morfoloških, fizioloških, biokemičnih, psiholoških in socioloških značilnosti ni mogoče planirati, programirati in modelirati sodobnega trenažnega procesa (Hay, 1994). Na osnovi pridobljenih podatkov je mogoče izbrati najoptimalnejše metode in sredstva, načrtovati ciklizacijo in korekcije športne priprave. Razvoj sodobnih diagnostičnih metod v svetu in pri nas je zelo intenziven in je povezan z vse večjim številom specializiranih institucij. Novi diagnostični postopki so praviloma produkt visokih tehnologij in ekspertnih znanj iz biokibernetike, biomehanike, tehnike, fiziologije, biokemije, genetike in drugih ved. V Sloveniji se največji del športne diagnostike izvaja na Inštitutu za šport, Fakultete za šport iz Ljubljane. Tehnološki del je vezan na laboratorije, ki zagotavljajo vse potrebne mednarodne kriterije za izvajanje znanstveno-raziškovnega dela na področju meritev športnikov.

V procesu športnega treninga prihaja do interakcije razvoja biomotoričnih sposobnosti in športne priprave atletov. Ta odnos je dinamičen in vedno drugačen glede na etape trenažnega procesa in biološkega razvoja športnika (Mero, Komi, Gregor, 1992; Latash, 2000). Glede na dejstvo, da se spreminjajo že avtomatizirani stereotipi in raven biomotoričnih sposobnosti, je potrebno proces treninga spremljati, kontrolirati in po potrebi korigirati. Sodobne informacijske, biokibernetične in vizualne tehnologije se uporabljajo za reševanje najbolj zahtevnih biomehaničnih pro-

blemov v procesu športnega treninga. Tako koncipirana sodobna diagnostika omogoča objektivno analizo gibalnih struktur, izbor in uporabo najadekvatnejših trenažnih sredstev in metod za individualno modeliranje atletskega treninga (Zatsiorsky, Kraemer, 2006).

Lokomotorna hitrost je nedvomno ena od najpomembnejših biomotoričnih sposobnosti. Pojavlja se v različnih atletskih disciplinah kot sprinterska hitrost ali hitrost zaleta pri skokih in metih. Laserski merilnik hitrosti pomeni povsem novo poglavje v razvoju diagnostičnih metod hitrosti. V Laboratoriju za gibalni nadzor in v Laboratoriju za biomehaniko smo razvili povsem novo metodologijo diagnosticiranja sprinterske hitrosti.

■ Laser LDM 301

Laserski merilnik razdalje LDM (*laser distance measuring device*) je v osnovi narejen za uporabo v industriji, šele kasneje pa se je izkazal kot uporaben tudi

v športu (Slika 1, 2). Omogoča neinvazivno merjenje hitrosti in razdalj, kar v praksi pomeni, da lahko športnik teče v tekmovalnih pogojih, brez senzorjev, ki bi ga lahko ovirali pri samem izvajanju meritve.

Tabela 1: Tehnične karakteristike laserskega merilca hitrosti LDM301 (Astech (online). (Rostock, Nemčija): Laser distance meter 301 User manual ver. 1.5.04.)

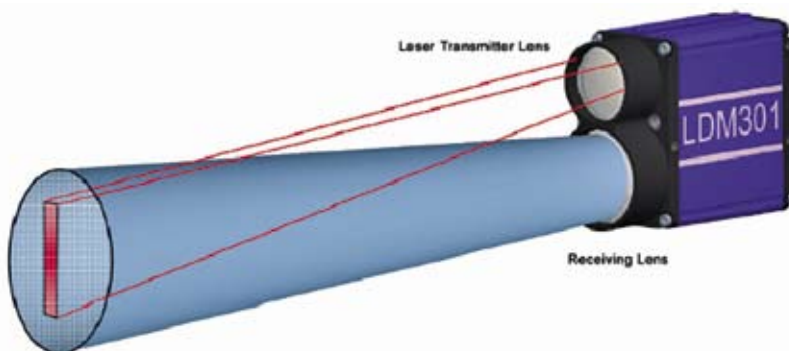
Tehnične karakteristike LDM-301:	
Merilno območje:	0,5, do 300 m
Natančnost:	+/- 20 mm
Čas merjenja:	0,5 ms z možnostjo 0,1 ms
Območje merjenja hitrosti:	0 m/s do 100 m/s
Merilni laser:	905 nm infrardeč, kategorija 1, EN 60825-1:2003-10
Kontrolni laser:	650 nm viden rdeč, kategorija 2, 1 mW
Delovna temperatura:	-40 °C do +60 °C
Povezava :	preko serijskega vhoda RS232 ali RS422

Laserski žarek LDM 301 je kategoriziran s kategorijo 1, kar pomeni, da je neškodljiv za uporabo v normalnih pogojih. To pomeni, da maksimalna dovoljena izpostavljenost ne more biti presežena z gledanjem laserskega žarka z prostim očesom. Opremljen je s kalibracijskim laserjem (t. i. "pilot laser") za jasno identifikacijo točke merjenja (Tabela 1, Slika 3). Povezava z osebnim računalnikom je zagotovljena preko serijskega vhoda RS232 ali RS422.

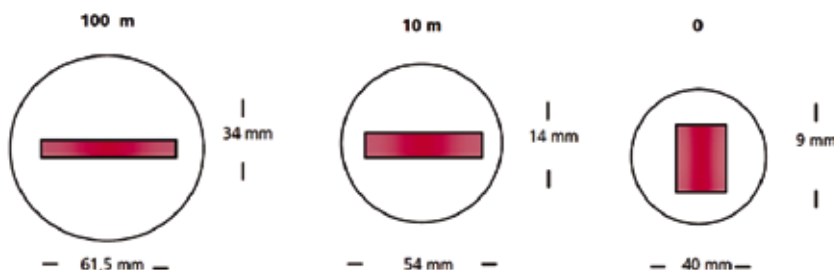
Povprečni kot, pod katerim se širi laserski žarek, znaša 1,7 mRad.



Slika 1: Laserski merilnik hitrosti LDM 301.



Slika 2: Diagram laserskega žarka 1,7m Rad.



Slika 3: Velikost laserskega žarka LDM301 na različni oddaljenosti.

■ Opis metode merjenja in obdelave podatkov

Postavitev in kalibracija cone merjenja

Pred meritvijo je potrebno sistem kalibrirati. Kalibracija je potrebna zaradi določitve cone merjenja. Laser namreč izmeri razdaljo 100 krat v sekundi. Iz podatkov tako ni mogoče natančno določiti čas začetka sprinta (gibanje

na startno linijo postavimo pravokotno letvico in z laserjem izmerimo razdaljo do letvice (L1). Ta razdalja predstavlja osnovo za meritev. Ko sprinter preide izmerjeno kalibracijsko razdaljo, vstopi v cono meritve (L2). Meritev traja tako dolgo, dokler se sprinter nahaja v coni meritve (L2) – Slika 4.

Zaradi različnih dejavnikov pride pri rezultatih meritve do napake (Slika 6). Do najpogostejših napak pride zaradi:

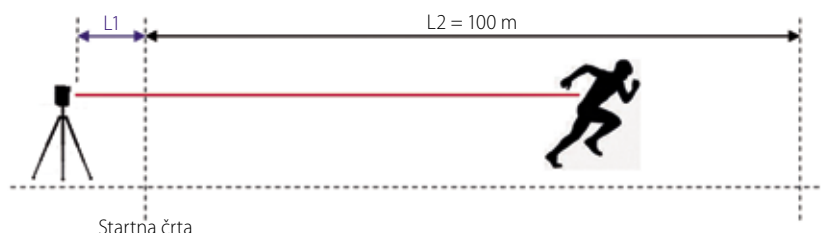
- izgube laserskega "kontakta" zaradi gibanja tekača levo-desno v smeri proti cilju;
- prekinitve laserskega snopa z roko;
- ostalih prekinitev laserskega signala.

Laserski merilnik preko serijskega vhoda RS232 na osebnem računalniku kreira tekstovno datoteko s podatki o meritvi. Merilnik vsako stotinko ali tisočinko sekunde (odvisno od nastavitve) izmeri razdaljo do sprinterja in jo zapiše v naslednji strukturi (Slika 5). Surove podatke, pridobljene pri meritvi, najprej obdelamo s programom za odstranjevanje napak.

V drugi fazi obdelave podatkov določimo stopnje glajenja in določimo tolerančno območje za napako. Na ta način dobimo vse podatke, ki so izven meja tolerance (označene z rdečimi križci) in jih izločimo (Slika 7).

■ Metoda obdelave podatkov

V sodelovanju z Laboratorijem za globalni nadzor in Biomehanskim laboratorijem na Fakulteti za Šport smo razvili program za obdelavo podatkov iz laserskega merilnika hitrosti. Prednost obdelave podatkov je v tem, da ni po-

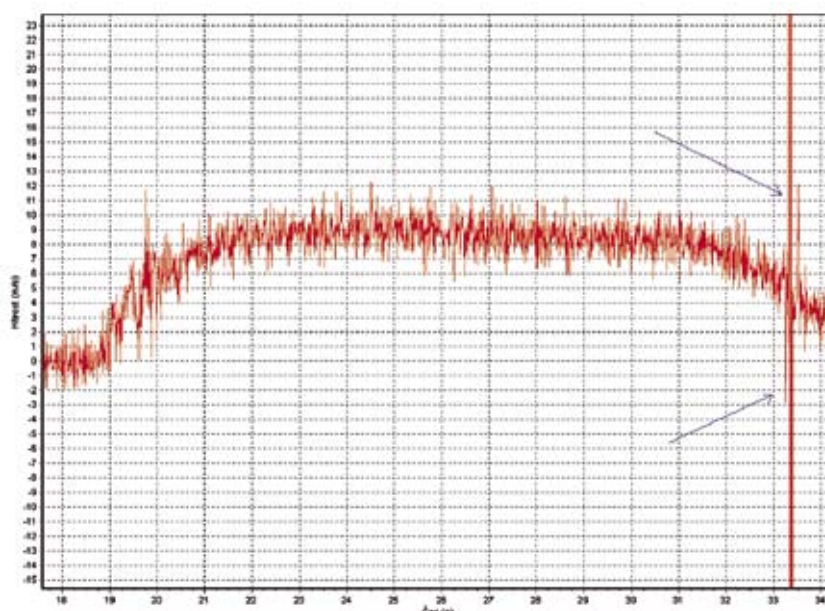


Slika 4: Shematski prikaz meritve sprinta na 100 m. L1 – kalibracijska razdalja, L2 – cona merjenja razdalje, L3 – razdalja meritve laserja. Dejansko razdaljo sprinterja do laserja izračunamo kot razliko med razdaljo L3 in L1.

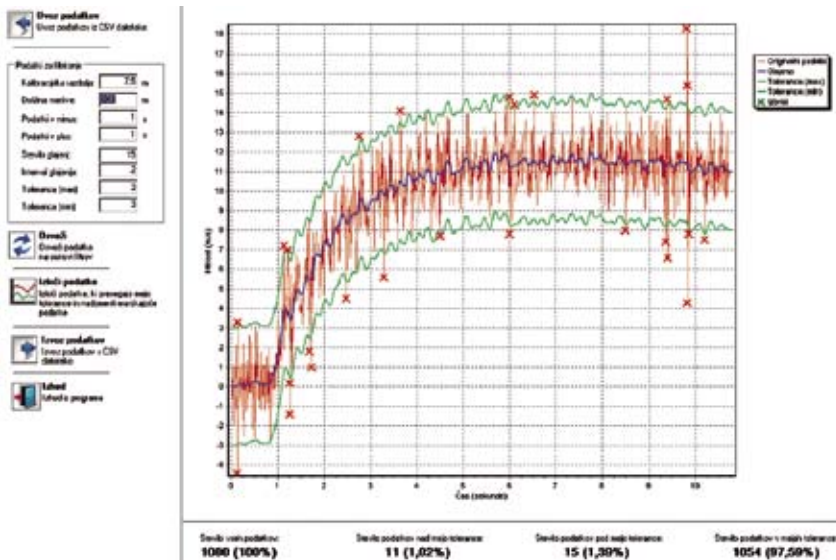
sprinterja v startnih blokih). Z določitvijo cone merjenja tako določimo območje, v katerem bomo merili hitrost sprinterja. Kalibracija se izvede tako, da

čas	razdalja
18,88:2,108	
18,89:2,177	
18,90:2,332	
18,91:2,126	
18,92:2,136	
18,93:2,141	
18,94:2,137	
18,95:2,193	
18,96:2,237	
18,97:2,227	
18,98:2,133	
18,99:2,531	
19,00:2,440	
19,01:2,263	
19,02:2,366	
19,03:2,332	
19,04:2,332	
19,05:2,372	
19,06:2,420	
19,07:2,434	
19,08:2,474	
19,09:2,493	
19,10:2,576	
19,11:2,577	
19,12:2,553	
19,13:2,572	
19,14:2,628	
19,15:2,630	
19,16:2,652	
19,17:2,686	
19,18:2,705	
19,19:2,735	
19,20:2,746	

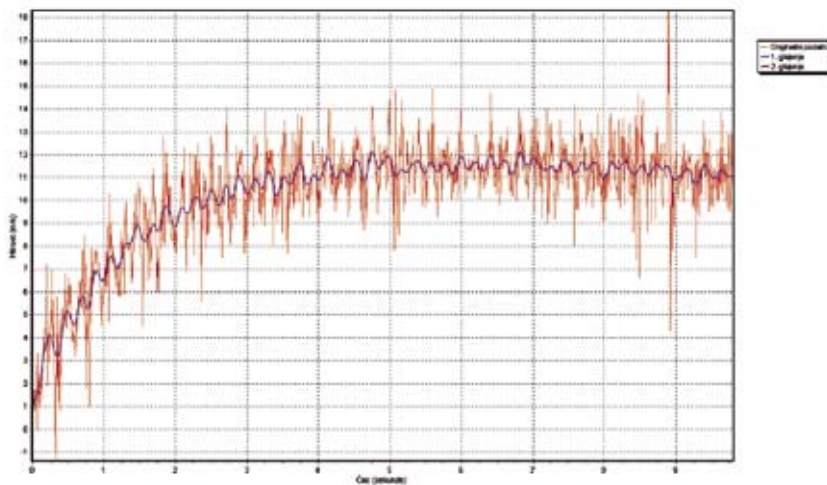
Slika 5: Struktura izhodne csv datoteke (prvi stolpec predstavlja čas, drugi stolpec predstavlja razdaljo).



Slika 6: Prikaz napake meritve na grafu hitrosti v odvisnosti od časa, kjer se večje napake najlažje opazijo in odpravijo.



Slika 7: Druga faza izločanja napake. Prikaz napak nad mejo tolerance določene v programu.



Slika 8: Graf hitrosti v odvisnosti od časa. Primer krivulje teka vrhunskega sprinterja. Z rdečo barvo so prikazani surovi podatki, pridobljeni iz laserskega merilnika. Z vijoličasto barvo so prikazani glajeni podatki.

trebna zamudna obdelava v laboratoriju, ampak se lahko pridobljene podatke analizira takoj po meritvi. Na ta način so informacije o meritvi na voljo trenerju med treningom oz. po meritvi.

Tako pridobljene podatke filtriramo in izračunamo parametre sprinterskega teka (Slika 8). Najprej podatke gladimo z metodo povprečenja. Pri tem moramo paziti, da povprečen niz glajenih podatkov ni predolg, saj lahko na ta način zgladimo bistvene podatke. Vsako vrednost na krivulji nadomestimo z oceno vrednosti brez napake (nihanje hitrosti). Oceno izračunamo z aritme-

tičnim povprečjem v posamezni točki in v sosednjih točkah (interval glajenja z povprečenjem).

Tako obdelana krivulja je nato pripravljena za interpretacijo rezultatov meritve.

Iz obdelanih podatkov lahko izračunamo naslednje parametre šprinterskega teka:

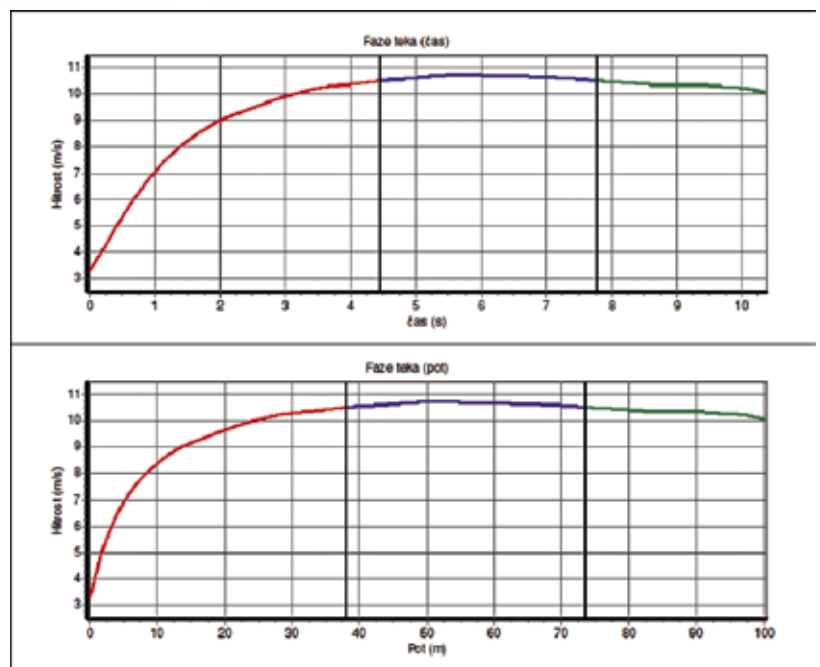
- maksimalno hitrost,
- točko dosega maksimalne hitrosti (čas in razdalja),
- hitrost v katerem koli trenutku meritve,
- hitrost na kateri koli razdalji meritve.

Rezultati in razlaga

Sprinterski tek je ciklično gibanje odvisno od mnogih biomehanskih dejavnikov in njihovih povezanosti. Sprinterska hitrost se spreminja v posameznih fazah teka, zato vsaka faza zasluži posebno obravnavo tako iz vidika diagnostike kot tudi iz vidika treninga (Delecluse idr., 1995).

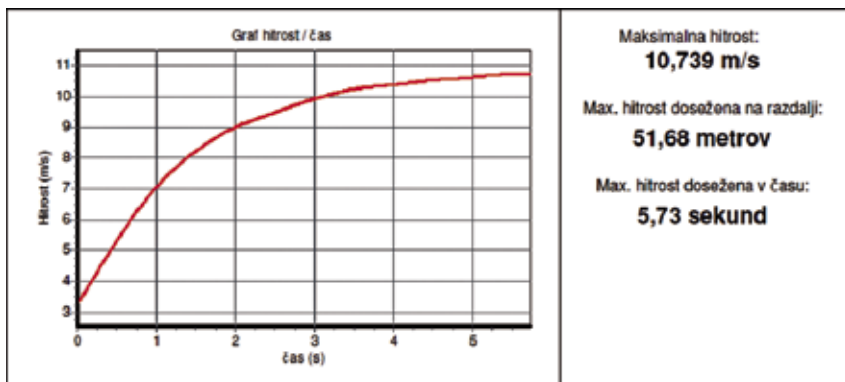
Podatke, pridobljene z meritvijo, analiziramo s programsko opremo, ki je bila

Slika 9: Faze sprinterskega teka. Grafični prikaz hitrosti v odvisnosti od časa in poti; faza pospeševanje, faza maksimalne hitrosti, faza zaviranja.

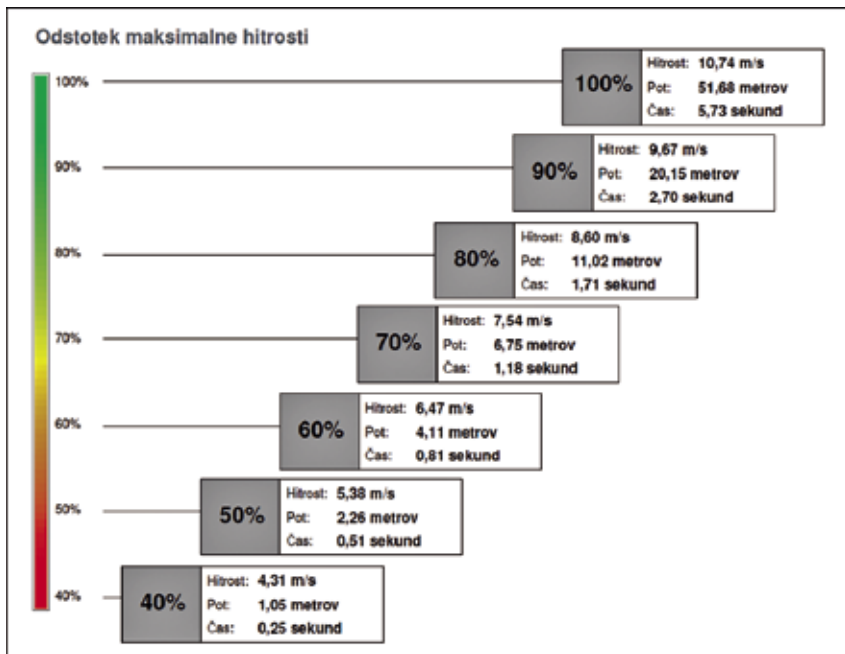


	Faza pospeševanja	Faza maksimalne hitrosti	Faza zaviranja
Čas trajanja:	4,46s 43,13%	3,32s 32,11%	2,56s 24,76%
od - do:	0,00s - 4,46s	4,46s - 7,78s	7,78s - 10,34s
Razdalja trajanja:	38,18m 38,18%	35,37m 35,34%	26,53m 26,51%
od - do:	0,00m - 38,18m	38,18m - 73,55m	73,55m - 100,07m

Slika 10: Faze sprinterskega teka. Tabelarni prikaz parametrov posamezne faze.



Slika 11: Grafični prikaz faze razvoja maksimalne hitrosti.



Slika 12: Shematski prikaz dosežanja maksimalne hitrosti s podatki o poti in času.

razvita posebej v ta namen s sodelovanjem laboratorija za biomehaniko. Namen programa je na čim bolj jasn in preprost način predstaviti vse ključne parametre sprinterskega teka. V ta namen je večina rezultatov podprta s tabelami in grafi. Trenutno programska oprema omogoča izpis devetih sklo-

pov poročila o meritvi. Poročilo se deli na naslednje sklope:

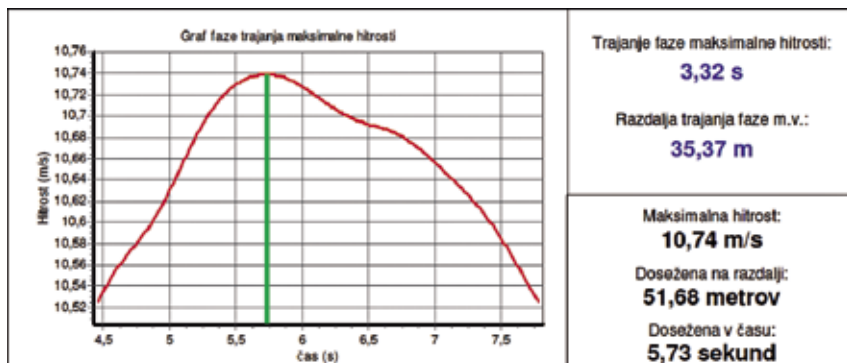
1. Naslovna stran
2. Faze sprinterskega teka (Slika 9, 10)
3. Analiza razvoja maksimalne hitrosti
4. Analiza faze maksimalne hitrosti (Slika 11)

5. Analiza faze upadanja hitrosti
6. Analiza po conah (povprečna hitrost v coni, maksimalna hitrost v coni, vmesni čas)
7. Vmesni časi na poljubnih kontrolnih točkah
8. Grafični prikaz hitrosti v conah (graf po poti, graf v času)
9. Podatki o meritvi (merjenec, merilec, kraj in ura meritve, rezultat, veter, reakcijski čas, podatki o filtriranju, datum obdelave in opombe)

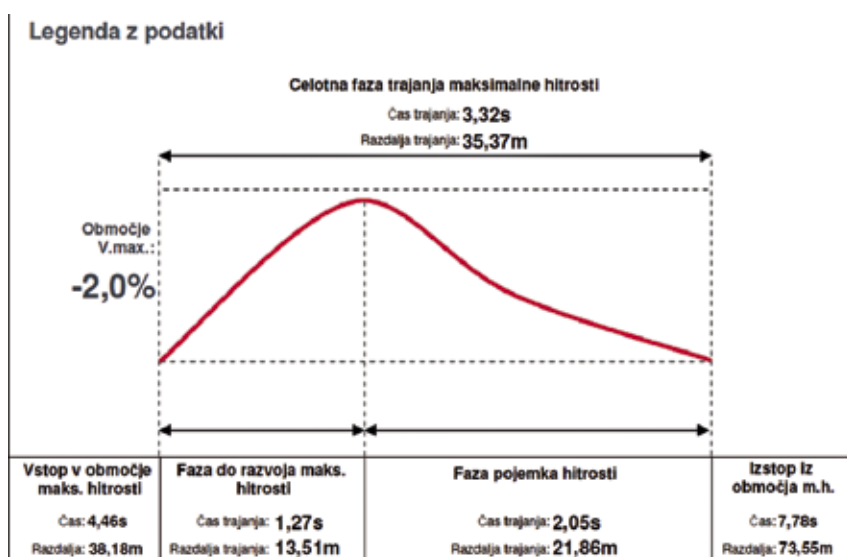
Na Sliki 12 lahko vidimo, kako v odstotkih narašča hitrost sprinterja glede na maksimalno hitrost. Na ta način lahko ugotovimo, na kakšni razdalji in v kakšnem času je sprinter dosegel določeno hitrost. Vrhunski sprinterji praviloma dosegajo maksimalno hitrost med 50. in 60. metrom, njeno vzdrževanje pa je povezano z zapletenimi mehanizmi za regulacijo dolžine in frekvence korakov. Sprinter lahko vzdržuje maksimalno hitrost na razdalji približno desetih metrov, znotraj razdalje 100 m pa so ti odseki pri različnih sprinterjih različno locirani. V pričujoči primerjavi dveh sprinterjev se ta dejstva tudi potrjujejo.

Faza maksimalne hitrosti je programsko nastavljiva (Slika 13, 14, 15). V programu je možno definirati odstotek pod maksimalno hitrostjo, ki definira fazo maksimalne hitrosti. Na primer: pri maksimalni hitrost 10,74 m/s in nastavitvi meje 2 % bo faza maksimalne hitrosti definirana v mejah med 10,52 m/s in 10,74 m/s. Faza maksimalne hitrosti in njeno trajanje sta namreč eden izmed ključnih parametrov uspešnosti v sprinterskem teku.

V programskem vmesniku (Slika 16) vpisujemo vse podatke vezane na meritve. Za izračun faze maksimalne hitrosti je pomemben podatek nastavitve za to fazo sprinta. S tem podatkom definiramo meje maksimalne hitrosti. Pri slabših sprinterjih je namreč faza maksimalne hitrosti krajša, prav tako je večji padec hitrosti v zadnji fazi sprinta večji. S spreminjanjem te spremenljivke lahko ugotavljamo razlike med tudi med slabšimi sprinterji.



Slika 13: Graf trajanja faze maksimalne hitrosti s podatki o poti in času ter trenutku dosega maksimalne hitrosti.



Slika 14: Faza maksimalne hitrosti. Shematski prikaz ključnih parametrov.

	maks. hitrost	- 1.00%	- 2.00%	-3.00%	-4.00%	-5.00%
hitrost:	10,74 m/s	10,63 m/s	10,52 m/s	10,42 m/s	10,31 m/s	10,20 m/s
razdalja:	51,68 m (- m)	67,54 m (15,85 m)	73,66 m (21,97 m)	80,05 m (26,37 m)	92,50 m (40,82 m)	97,74 m (46,05 m)
čas:	5,73 s (- s)	7,21 s (1,48 s)	7,79 s (2,06 s)	8,40 s (2,67 s)	9,60 s (3,87 s)	10,11 s (4,38 s)

Slika 15: Tabelarični prikaz upadanja maksimalne hitrosti. V tabeli vidimo pri kakšni razdalji je sprinter dosegel maksimalno hitrost ter kako je hitrost upadla do cilja. Analiziran je vsak padec hitrosti za 1 %. In sicer na tabeli lahko vidimo absolutno razdaljo in čas, na kateri je hitrost padla, ter razdaljo od točke dosega maksimalne hitrosti.

Tabela 2: Tabelarični prikaz podatkov o maksimalni hitrosti

	Sprinter A	Sprinter B
Maksimalna hitrost	10,74 m/s	11,60 m/s
Razdalja, na kateri je bila dosežena maksimalna hitrost	51,68 m	65,01 m
Čas, v katerem je bila dosežena maksimalna hitrost	5,73 s	6,53 s

Na primeru bomo pokazali primerjavo med dvema sprinterjema:

- Sprinter A je vrhunski slovenski sprinter (osebni rekord na 100 m znaša 10,32 s).
- Sprinter B je vrhunski sprinter (osebni rekord na 100 m znaša 9,97 s).

Sprinterja sta na tekmovanju dosegla rezultat 10,74 s (sprinter A) in 10,09 s (Sprinter B) –Tabela 2. Sprinterja sta bila izmerjena na istem tekmovanju, vendar sta tekla v različnih tekmovalnih skupinah. Pri interpretaciji rezultatov je potrebno posebej poudariti, da z laserjem ne merimo reakcijskega časa in začetne faze šprinta, temveč fazo teka med startno črto in ciljem. To je potrebno zaradi standardizacije merskega postopka. Zaradi tega dejstva končni rezultati, dejansko doseženi na tekmovanju, niso popolnoma skladni z rezultati meritve z laserskim merilnikom.

Ključni parameter sprinterskega teka je maksimalna hitrost. Sprinter B doseže maksimalno hitrost 11,60 m/s, kar je za 0,68 m/s več kot sprinter A. To hitrost doseže na razdalji 65,01 m in v času 6,53 s. Oba parametra kažeta, da sprinter B hitreje in dlje časa pospešuje, prav tako doseže višjo maksimalno hitrost kot sprinter A (Tabela 3).

Iz rezultatov lahko zaključimo, da je sprinter B sposoben dlje časa vzdrževati maksimalno hitrost kot sprinter A. To je tudi eden ključnih parametrov uspešnosti v sprintu. Sprinter B lahko vztraja v maksimalni hitrosti 68 stotink več kot sprinter A. Posledično je krajša tudi faza zaviranja. Čas trajanja faze maksimalne hitrosti potrjuje tezo, da boljši sprinterji vzdržujejo maksimalno hitrost dlje časa ter da je posledično manjši tudi padec hitrosti v zadnjih 20 metrih sprinta.

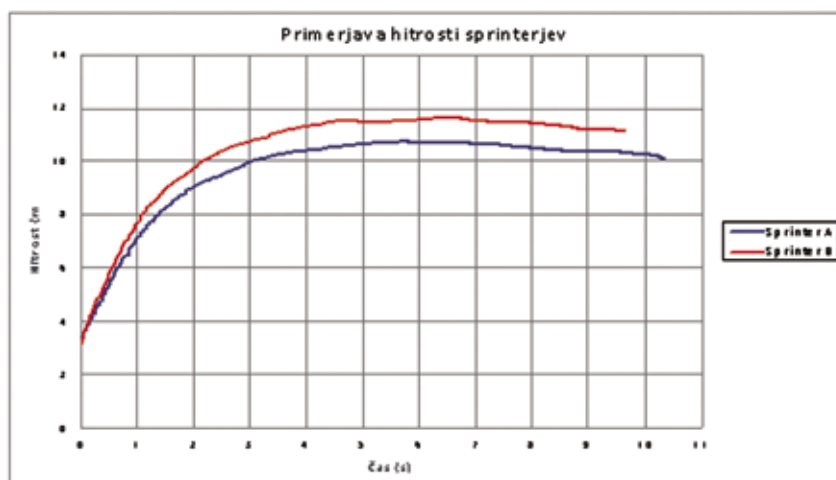
Način merjenja omogoča, da lahko dobimo rezultate za vsak trenutek sprinta. Na ta način lahko prav tako izračunamo praktično vse fizikalne parametre na zelenih odsekih: vmesni čas, povprečno hitrost, maksimalno hitrost. Iz Tabele 4 in Slike 17 je razvidno, da je sprinter B dosegel boljši čas na vseh deset merskih odsekih sprinta. Razlika v izmerjenih rezultatih z laserskim me-

Slika 16: Programski vmesnik za vnos podatkov o meritvi.

Tabela 3: Primerjava faz šprinterskega teka med sprinterjem A in sprinterjem B

	Sprinter A	Sprinter B
Čas trajanja faze pospeševanja	4,46 s	4,24 s
	(0,00 s–4,46 s)	(0,00 s–4,24 s)
Čas trajanja faze maksimalne hitrosti *	3,32 s	4,00 s
	(4,46 s–7,78 s)	(4,24 s–8,24 s)
Čas trajanja faze zaviranja	2,56 s	1,37 s
	(7,78 s–10,34 s)	(8,24 s–9,61 s)
Razdalja faze pospeševanja	38,18 m	38,67 m
	(0,00 m–38,18 m)	(0,00 m–38,67 m)
Razdalja trajanja faze maksimalne hitrosti	35,37 m	46,03 m
	(38,18 m–73,55 m)	(38,67 m–84,70 m)
Razdalja trajanja faze zaviranja	26,53 m	15,33 m
	(73,55 m–100,07 m)	(84,70 m–100,03 m)

* Faza maksimalne hitrosti je definirana v mejah -2 % maksimalne hitrosti.



Slika 17: Grafični prikaz hitrosti sprinterjev v odvisnosti od časa.

rilnikom je primerljiva tudi z dejansko doseženimi časi na tekmovanju.

Tabela 4: Primerjava vmesnih časov sprinterjev A in B

	Sprinter A	Sprinter B
10 m	1,58 s	1,50 s
20 m	2,68 s	2,53 s
30 m	3,67 s	3,46 s
40 m	4,63 s	4,35 s
50 m	5,57 s	5,22 s
60 m	6,50 s	6,09 s
70 m	7,44 s	6,95 s
80 m	8,39 s	7,83 s
90 m	9,35 s	8,70 s
100 m	10,33 s	9,60 s

Zaključek

Iz biomehanskega vidika je sprinterski tek bolj kompleksna disciplina, kot se zdi na prvi pogled. Hitrost sprinterja se spreminja iz koraka v korak, tek lahko razčlenimo v več faz, od katerih ima vsaka določen vpliv na končen rezultat. Z laserskim merilnikom hitrost lahko natančno spremljamo te faze, se posvetimo vsaki fazi posebej in jo v procesu treninga optimiziramo. Del vsakega trenajnega procesa so tudi testiranja. V sprintu je na prvi pogled formula zelo enostavna. Resnica je daleč od tega. Z laserskim merjenjem hitrosti sprinterja dobita trener ter stroka podroben in natančen vpogled v učinke treninga. Ne glede na poudarke posameznim segmentom treninga, lahko v vsakem trenutku ugotavljamo učinke ter ustrezno usmerjamo in prilagajamo trening v bodoče. Določanje pravih ciljev na osnovi preteklih testiranj je ključno za optimalno planiranje razvoja športnika. V kolikor ima trener vpogled v posamezne faze, se lahko na podlagi informacij, pridobljenih z rednimi testiranj, odloča bolj kakovostno in bolj pravilno. Če teh informacij nima oziroma so napačne, se lahko zgodi, da že v začetni fazi planiranja treninga zgreši bistvo. Prav tako pomembna je primerjava rezultatov z vrhunskimi sprinterji. Meritve z laserskim merilnikom hitrosti omogočajo primerjavo z vrhunskimi sprinterji. Kje prihaja do razlik in kakšne so te

razlike. Kje so prednosti posameznega šprinterja in kje so njegove slabosti. Na koncu naj omenimo še komercialni vidik takšnega produkta. Na največjih tekmovanjih je praviloma tek na 100 m eden izmed vrhuncev atletskega dogodka. Tako kot v nogometu niso pomembni več samo goli, tudi pri šprintu ni pomemben le končni rezultat. Studijska analiza teka bo slej kot prej našla pot tudi na televizijske zaslone. Gledalci postajajo zahtevni in prav gotovo jih zanima, kdo je dosegel maksimalno hitrost, kakšni so bili vmesni časi, koliko časa je Usain Bolt izgubil v prvih 10 m, kako je pospeševal ali kdaj je dosegel maksimalno hitrost. Z gotovostjo lahko trdimo, da tek na 100 m postaja mnogo več kot le 10 sekund sprinta.

■ Viri

1. Delecluse, C., Van Coppenolle, H., Willems, E., Van Leemputte, M., Diels, R. in Goris, M. (1995). Influence of high resistance and high-velocity training on sprint performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 27(8), 1203–1209.
2. Hay, J. G. (1993). *The biomechanics of sports techniques* (4 ed.): Prentice Hall.
3. Latash, M., L. (2000). *Control of Human movement*. Human Kinetics Publishers. Champaign, Illinois.
4. Mero, A., Komi, P. V. in Gregor, R.J. (1992). Biomechanics of sprinting running. *Sport medicine* 13 (6): 376–392.
5. Zatsiorsky, V.M. in Kraemer, W. J (2006). Science and practice of strength training (second edition). *Human Kinetics*, Champaign, IL.
6. Astech (online). (Rostock, Nemčija): Laser distance meter 301 User manual ver. 1.5.04.

Dostopno na naslovu: http://www.astech.de/download/Idm301/manual/english/Idm301_manual_15e.pdf

7. KU Leuven (online). (Leuven, Belgija): KU Leuven team uses laser technology to analyse Usain Bolt's speed at Van Damme Memorial. Dostopno na naslovu: <http://www.kuleuven.be/english/news/k.u.leuven-team-uses-laser-technology-to-analyse-usain-bolt2019s-speed-at-van-damme-memorial>

Peter Planjšek
ŠPORTIS, športni informacijski sistemi
Prečna ulica 6, 2327 Rače
e-pošta: Info@sportis.si