

Dr Tomasz Szot



Globalne Systemy Nawigacji Satelitarnej

w działalności
sportowo-rekreacyjno-turystycznej

Część 2 GNSS w sporcie i rekreacji

kwiecień 2024

Spis treści:

5. Dlaczego monitoruje się lokomocję sportowca?
6. Główne metody monitorowania lokomocji
7. Odbiorniki GNSS kiedyś i dziś
8. Dokładność odbiorników sportowo-rekreacyjnych
9. Zastosowania

Dlaczego monitoruje się lokomocję sportowca?

12

INFORMACJE (dane)

opisujące ruch
(na dużym obszarze)



Dystans (m, km, miles)

Prędkość (km/h, mph, m/s)

Tempo (min/km)

Przyspieszenie/hamowanie (m/s²)

Liczba ruchów (np. schodów, przyspieszeń)

Kierunek (podawany jako kąt względem północy)

Lokalizacja (współrzędne geograficzne)

Taktyka (np. tempo biegu na maratonie)

Zwyczaje

...etc.



Lokomocja (def.):
Przemieszczanie z jednego
miejsca w inne

Dlaczego monitoruje się lokomocję sportowca?

13

ŚLADY (trasy) SPORTOWCÓW

poruszających się samodzielnie

używających dodatkowego sprzętu/mechanizmów

Berlin Marathon (bieg)
(42,2 km)



Bieg na orientację
(7,4 km)

Mecz piłki nożnej, napastnik,
(7 km, 1. poł.)



Wyścig F1 GP Węgry
(4,4 km, pętla)



Lot paralotnią (73,1 km)



Kolarstwo, wyścig MTB XC
Leogang (4,5 km, pętla)



Metody monitorowania lokomocji w sporcie

14

Główne grupy METOD wykorzystywanych w sporcie i rekreacji dostarczające informacji o ruchu

Na podstawie VIDEO

Analiza ruchomych obrazów
(ograniczona do zasięgu kamery,
bezkontaktowa)

System Hawkeye, kamery + software,
(hawkeyeinnovations.com) – tenis ziemny



Software oparty na zapisie video, np. Dartfish
(dartfish.com) – piłka nożna



Na podstawie (radio) SYGNAŁÓW

Analiza długości/zawartości fali

n.p. Globalne Systemy Nawigacji Satelitarnej

(nieograniczony zasięg, monitorowane obiekty potrzebują odbiorników)

Odbiorniki kodowe (Garmin, Suunto, Polar, Wahoo itd., również w smartfonach) używające sygnałów GNSS, wiele zastosowań (ziemia/powietrze/woda)



System Catapult, odbiorniki (GNSS/inne czujniki) & software,
(catapultsports.com) – piłka nożna



Przełnośne odbiorniki GNSS kiedyś i dziś

15



Rockwell Manpack AN/PSN-8 (1980)

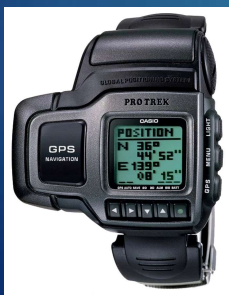
Pierwszy przełnośny (man-portable) odbiornik GPS

1 kanałowy (praca sekwencyjna)

Masa: antena 0.32 kg, odbiornik właściwy 7.9 kg, Control Display Unit 0.6 kg, razem..... ;-)

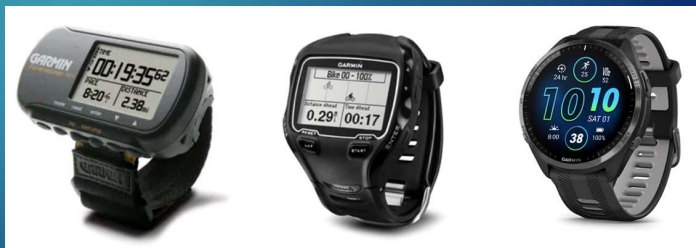
Magellan NAV 1000 (1988)

pierwszy komercyjny ręczny (handheld) odbiornik GPS



Casio PRT-1GP (1999)

Pierwszy komercyjny naręczny odbiornik GPS



Garmin Forerunner (od lewej): 101 (pierwszy w serii, 2003), 910xt (2011) i 965 (2023)

Rejestratory (dataloggers)



Zalety: małe rozmiary, duży czas pracy (do 50 godzin), tanie, * gatunek wymierający

Lokalizatory, główna cecha: zapewnienie bezpieczeństwa



Przełnośne odbiorniki GNSS w sporcie i rekreacji dziś - rodzaje

16

Odbiorniki do poszczególnych aktywności



Zalety: bardzo dokładnie dopasowane do specyfiki danej aktywności

Smartfony, Zaleta: każdy je ma



Smartwatche, pozycjonowane między monitorem aktywności a smartfonem



Sprawdź systemy GNSS odbierane przez Twój telefon. Wpisz w Google model i słowo mgsm. Kliknij pierwszy wynik i znajdź dział Transmisja danych.

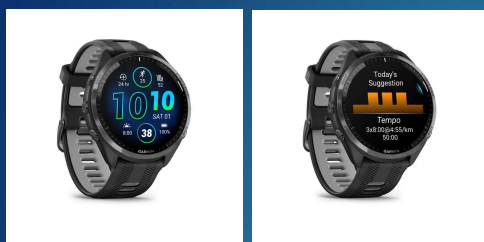
Zróżnicowanie sportowo-rekreacyjnych odbiorników GNSS

17



Biegowy odbiornik GNSS dziś, czy tylko „odbiornik”?

18

**Garmin Forerunner 965 (2023.03)**

Najnowszy multisportowy odbiornik GNSS

wielokanałowy (praca ciągła/śledzenie wielu satelitów różnych systemów naraz, na wielu częstotliwościach)

Masa: 53 g

Czas pracy: 31 godz. (tryb ciągły, tylko GPS)

Cena: ok. 2.8 tys zł.

Czujniki

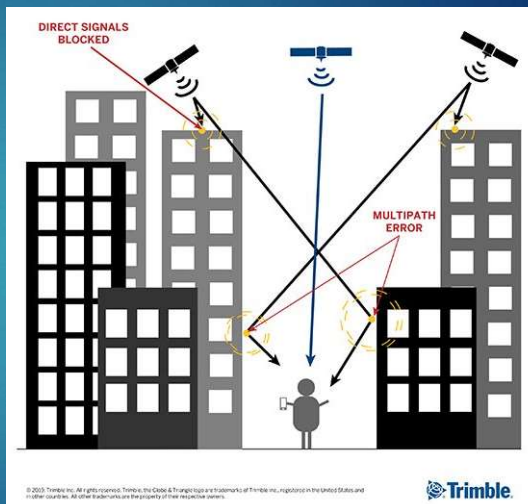
GPS	✓
GLONASS	✓
GALILEO	✓
TECHNOLOGIA SATIQ™	✓
NADGARSTKOWY POMIAR TĘTNA GARMIN ELEVATE™	✓
PULSOKSYMETR DO MONITOROWANIA STOPNIA AKLIMATYZACJI	✓
WYSOKOŚCIOMIERNICZ BAROMETRYCZNY	✓
KOMPAS	✓
ZYROSKOP	✓
AKCELEROMETR	✓
TERMOMETR	✓
CZUJNIK OŚWIETLENIA OTOCZENIA	✓



Błędy pomiarów – podział: *

- Błędy segmentu kosmicznego (spowodowane przez wzorec czasu satelity, prognozę perturbacji orbit)
- Błędy propagacji sygnału z satelity do użytkownika (wynikające z właściwości jonosfery, troposfery i z problemu wielotorowości)
- Błędy segmentu użytkownika (szumy odbiornika, ograniczenia sprzętu)

* dotyczą każdego rodzaju odbiorników bez względu na zastosowanie

**Co zrobić, by odbiornik sportowo-rekreacyjny dobrze zapisywał Twój ruch (śląd)?**

- Stosować odbiorniki przynajmniej dwusystemowe (GPS+GLONASS)
- Uruchamiać odbiornik po wyjściu z budynków
- Dać szansę odbiornikowi na odnalezienie właściwej liczby satelitów (sygnalizowane) zanim zaczniesz się ruszać
- Unikać „kanionów urbanistycznych”
- Nie chować odbiornika głęboko pod ubraniami

W OPTIMALNYCH WARUNKACH DOKŁADNOŚĆ TWOJEGO ODBIORNIKA DEDYKOWANEGO DO DANEJ AKTYWNOŚCI WYNIESIE KILKA METRÓW, A SMARTFONA 5-10 M.



Dokładność sportowo-rekreacyjnych odbiorników GNSS

21



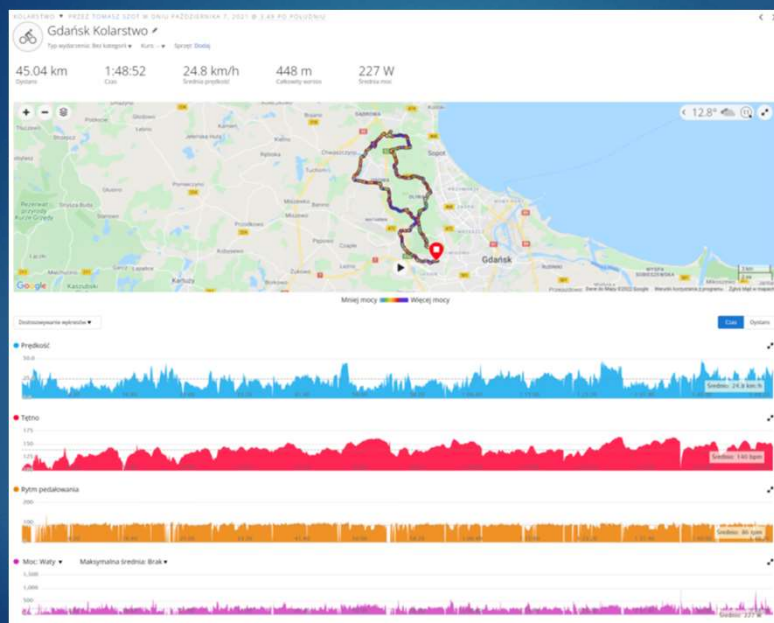
W OPTYMALNYCH WARUNKACH DOKŁADNOŚĆ TWOJEGO ODBIORNIKA DEDYKOWANEGO DO DANEJ AKTYWNOŚCI WYNIESIE KILKA METRÓW, A SMARTFONA 5-10 M.

To naturalne, że Twój ślad będzie niedokładny, gdy:

- Będziesz biegł w tunelu
- Będziesz poruszał się wzdłuż wysokiego budynku (przez dłuższą chwilę zasłonisz część satelitów),
- Jesteś w głębokiej dolinie (satelity o wysokim kącie są gorszym punktem odniesienia)
- Jesteś w gęstym lesie (pod gęstym listowiem)

Zastosowanie odbiorników GNSS w sporcie i rekreacji

22



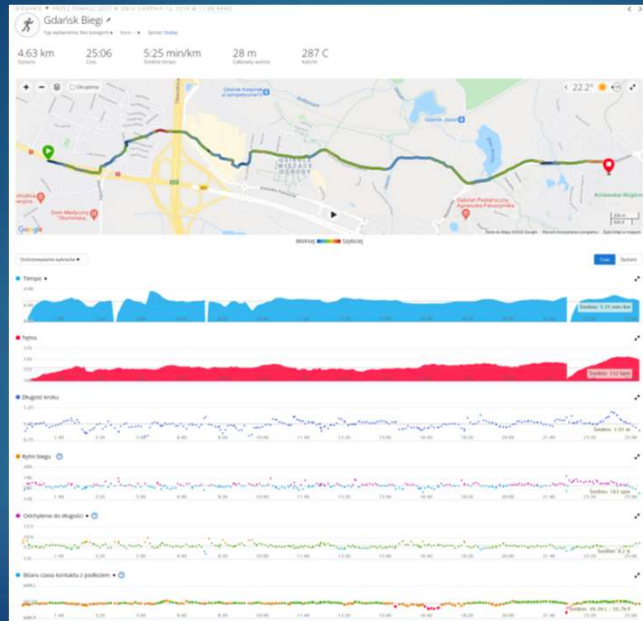
Przykład: Garmin Connect - program do rejestracji aktywności za pomocą odbiorników GNSS

Zapis przejazdu rowerzysty

Część informacji osiągnięta z zewnętrznych czujników (HR, pomiar mocy z kadencją)

Zastosowanie odbiorników GNSS w sporcie i rekreacji

23



Przykład: Garmin Connect - program do rejestracji aktywności za pomocą odbiorników GNSS

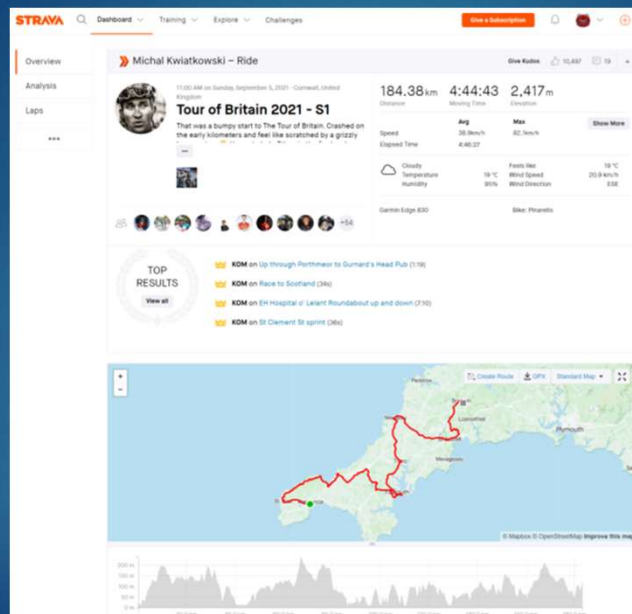
Zapis śladu biegacza

Część danych uzyskiwanych jest z odbiornika, a część – z podłączonych urządzeń zewnętrznych (w pasku HR są dodatkowe czujniki monitorujące ruch)



Zastosowanie odbiorników GNSS w sporcie i rekreacji

24



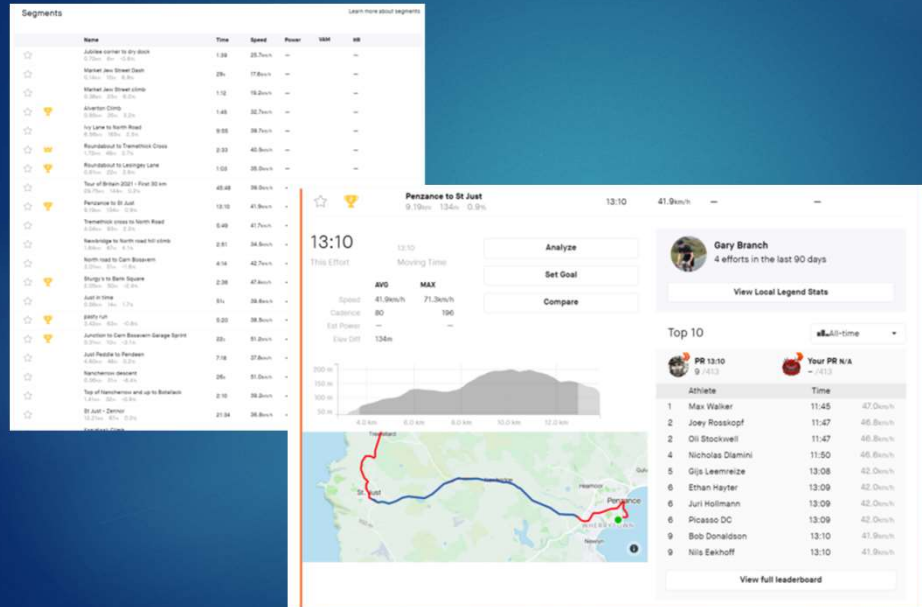
Przykład: Program Strava – zastosowanie typowe

Zapis śladu kolarza

Strava funkcjonuje zarówno jako program zasilany urządzeniami różnych producentów, ale również jako samodzielne oprogramowanie na smartfona, rejestrujące ruch.

Zastosowanie odbiorników GNSS w sporcie i rekreacji

25



Segments

Name	Time	Speed	Power	WKT	SR
Jubilee corner to Dry Dock	1:58	25.7km/h	—	—	—
Wynant Lane Street Death	2:26	17.8km/h	—	—	—
Wynant Lane Street Climb	1:52	18.2km/h	—	—	—
Ambleton Climb	1:48	22.7km/h	—	—	—
Up Lane to North Road	9:55	28.7km/h	—	—	—
Roundabout to Penzance Climb	2:33	45.8km/h	—	—	—
Roundabout to Lanteglos Lane	1:03	25.8km/h	—	—	—
Tour of Britain 2021 - Stage 10 km	45:28	38.8km/h	—	—	—
Penzance to St Just	13:10	41.8km/h	—	—	—
Thornhill cross to North Road	5:40	41.7km/h	—	—	—
Northridge to North road mt climb	2:51	34.8km/h	—	—	—
North road to Corn Broomer	4:18	42.7km/h	—	—	—
St Just to St Just Square	2:28	47.8km/h	—	—	—
St Just Climb	5:24	38.8km/h	—	—	—
St Just Top	5:20	38.8km/h	—	—	—
Ambleton to Corn Broomer Garage Steps	2:25	51.8km/h	—	—	—
Just Paddis to Penzance	7:18	27.8km/h	—	—	—
Northridge descent	2:46	51.8km/h	—	—	—
Top of Northridge and up to Broomer	2:10	38.8km/h	—	—	—
St Just Climb	21:24	38.8km/h	—	—	—

Penzance to St Just
9:19km 13:10 41.8km/h

13:10
This Effort 13:10 Moving Time

Stat	Value	Max
Avg Speed	41.8km/h	71.3km/h
Cache	80	190
Est Power	—	—
View Diff	138m	—

Top 10

Athlete	Time
1 Max Walker	11:45 47.0km/h
2 Joey Roskopf	11:47 46.8km/h
3 Oli Stockwell	11:47 46.8km/h
4 Nicholas Diamini	11:50 46.8km/h
5 Gijo Leemreize	13:08 42.0km/h
6 Ethan Hayter	13:09 42.0km/h
7 Juri Hollmann	13:09 42.0km/h
8 Piosco DC	13:09 42.0km/h
9 Bob Donaldson	13:10 41.8km/h
9 Nils Eekhoff	13:10 41.8km/h

Przykład: Program Strava – zastosowanie typowe

Zapis śladu kolarza

Super feature! Segmenty!

+możliwość ukrycia części danych z czujników

Zastosowanie odbiorników GNSS w sporcie i rekreacji (wtórne)

26



Przykład: Program Strava – heatmap

Różne aktywności zarejestrowane w Gdańsku (w mieście, lesie i na wodzie)

Natężenie w ostatnim roku uzyskane na podstawie danych zbieranych przez serwis Strava.com
<https://www.strava.com/heatmap>
 Aktualizowane w cyklu miesięcznym

Zastosowanie odbiorników GNSS w sporcie i rekreacji (wtórne)

27



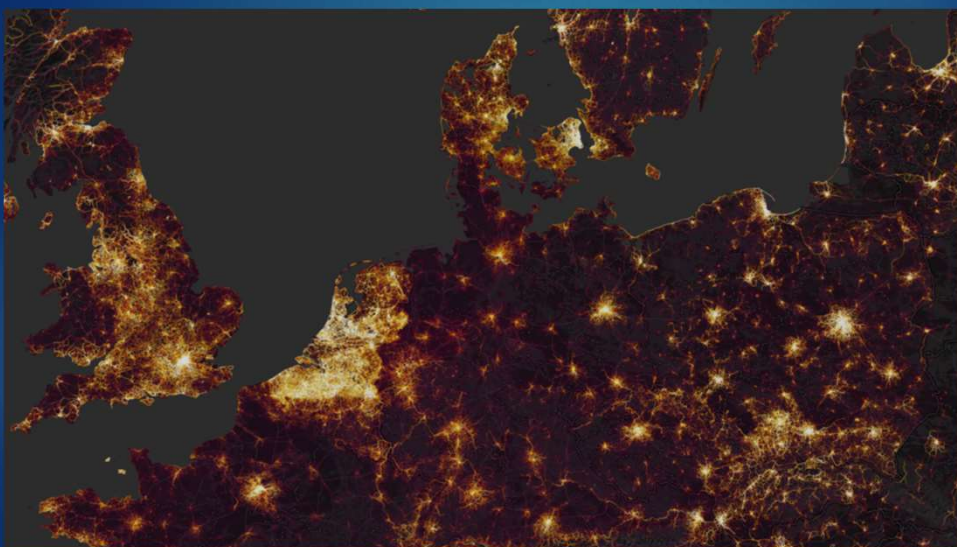
Przykład: Program Strava – heatmap

Różne aktywności zarejestrowane w Gdańsku (w mieście, lesie i na wodzie)

Natężenie w ostatnim roku uzyskane na podstawie danych zbieranych przez serwis Strava.com
<https://www.strava.com/heatmap>
 Aktualizowane w cyklu miesięcznym

Zastosowanie odbiorników GNSS w sporcie i rekreacji (wtórne)

28



Przykład: Program Strava – heatmap

Aktywności rowerowe zarejestrowane w Europie

Natężenie w ostatnim roku uzyskane na podstawie danych zbieranych przez serwis Strava.com
<https://www.strava.com/heatmap>
 Aktualizowane w cyklu miesięcznym

Zastosowanie odbiorników GNSS w sporcie i rekreacji

29



Przykład: analiza śladu w orientacji sportowej, zsynchronizowana z rejestracją video i mapą

Źródło filmu:

https://youtu.be/Q_yitYodK0M

Zastosowanie odbiorników GNSS w sporcie i rekreacji

30



Przykład. Analiza meczowa piłkarzy nożnych przy pomocy Catapult Sports

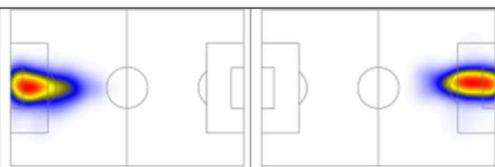
Praca magisterska

ANALIZA KINEMATYCZNA PIŁKARZY NOŻNYCH KLUBU SPORTOWEGO „GEDANIA 1922 GDAŃSK” W MECZU TOWARZYSKIM

Bartosz (B)

		I połowa	II połowa	Razem
Czas gry (min)		45	45	90
Dystans w przedziałach [m]	Stanie	81	64	145
	Marsz	1407	1557	2964
	Trucht	215	123	338
	Wolny bieg	537	285	822
	Średni bieg	178	71	249
	Szybki bieg	68	24	92
	Sprint	2	17	19
	Razem	2488	2141	4629

Obszar poruszania się



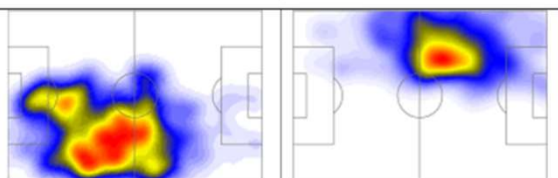
Przykład. Analiza meczowa piłkarzy nożnych przy pomocy Catapult Sports

Praca magisterska
ANALIZA KINEMATYCZNA PIŁKARZY NOŻNYCH KLUBU SPORTOWEGO „GEDANIA 1922 GDAŃSK” W MECZU TOWARZYSKIM

Rafał (BO)

		I połowa	II połowa	Razem
Czas gry (min)		45	45	90
Dystans w przedziałach [m]	Stanie	33	33	66
	Marsz	1828	1824	3652
	Trucht	605	446	1051
	Wolny bieg	1426	1149	2575
	Średni bieg	545	439	984
	Szybki bieg	375	295	670
	Sprint	296	361	657
	Razem	5108	4547	9655

Obszar poruszania się

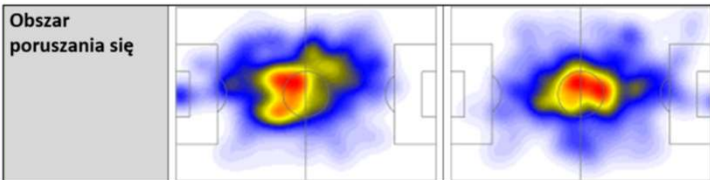


Przykład. Analiza meczowa piłkarzy nożnych przy pomocy Catapult Sports

Praca magisterska
ANALIZA KINEMATYCZNA PIŁKARZY NOŻNYCH KLUBU SPORTOWEGO „GEDANIA 1922 GDAŃSK” W MECZU TOWARZYSKIM

Maciej ██████ (ŚP)

		I połowa	II połowa	Razem
Czas gry (min)		31	27	58
Dystans w przedziałach [m]	Stanie	14	18	32
	Marsz	1076	914	1990
	Trucht	330	310	640
	Wolny bieg	1142	998	2140
	Średni bieg	758	581	1339
	Szybki bieg	397	376	773
	Sprint	148	207	355
	Razem	3865	3404	7269



Przykład. Analiza meczowa piłkarzy nożnych przy pomocy Catapult Sports

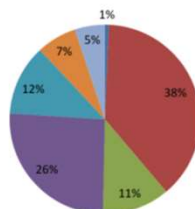
Praca magisterska
ANALIZA KINEMATYCZNA PIŁKARZY NOŻNYCH KLUBU SPORTOWEGO „GEDANIA 1922 GDAŃSK” W MECZU TOWARZYSKIM

Tab. 20 Dystans pokonany przez cały zespół w I i II połowie wg. przyjętych przedziałów prędkości

ZESPÓŁ	Dystans [m]			Różnica	
	I połowa	II połowa	Razem	Dystans [m] (2 poł. - 1 poł.)	% (2 poł. * 100/1 poł.)
Stanie	366	317	683	-49	86,61
Marsz	19237	19258	38495	21	100,11
Trucht	6140	5421	11561	-719	88,29
Wolny bieg	13592	12288	25880	-1304	90,41
Średni bieg	6684	5488	12172	-1196	82,11
Szybki bieg	3870	2991	6861	-879	77,29
Sprint	2788	2378	5166	-410	85,29
Razem	52677	48141	100818	-4536	91,39

Dystans razem

■ Stanie ■ Marsz ■ Trucht ■ Wolny bieg ■ Średni bieg ■ Szybki bieg ■ Sprint



Tab. 21 Różnice w średnim dystansie pokonywanym w ciągu minuty podczas meczu w zależności od pozycji zajmowanej na boisku.

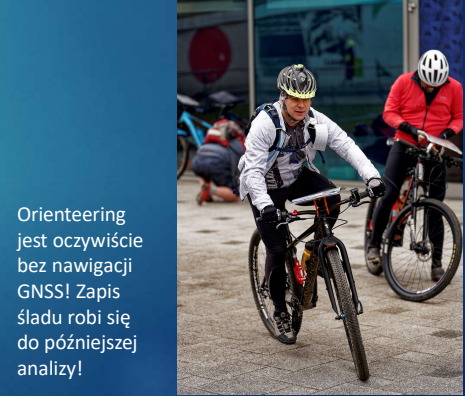
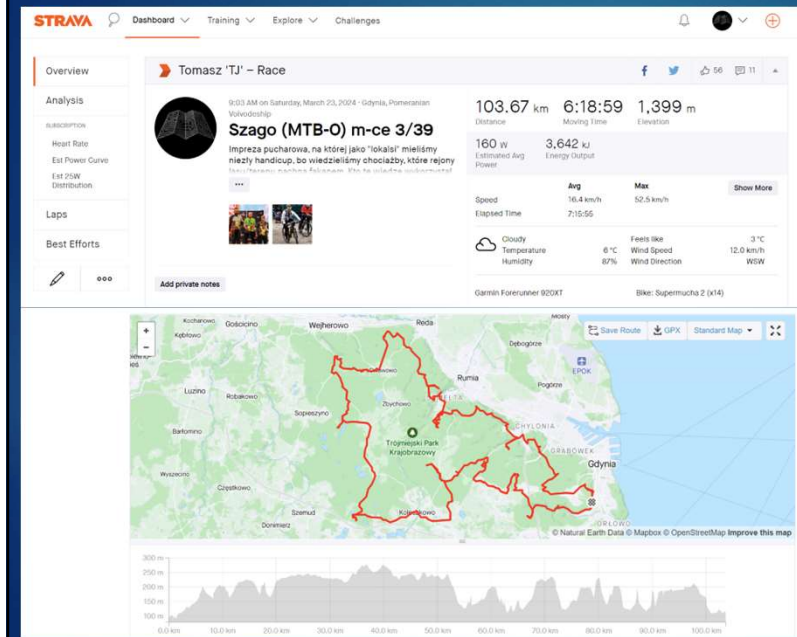
ZESPÓŁ	Dystans łączny [m]						
	Przedział	B	BO	ŚO	BP	ŚP	N
Dystans razem [m]	4629	19895	16957	20222	20173	18942	
Czas gry [min]	90	180	180	180	180	180	
Aktywność [m/min]	51,43	110,53	94,21	112,34	112,07	105,23	

Przykład. Analiza meczowa piłkarzy nożnych przy pomocy Catapult Sports

Praca magisterska
ANALIZA KINEMATYCZNA PIŁKARZY NOŻNYCH KLUBU SPORTOWEGO „GEDANIA 1922 GDAŃSK” W MECZU TOWARZYSKIM

Zastosowanie odbiorników GNSS w sporcie i rekreacji ;-)

35



Orientierung
jest oczywiście
bez nawigacji
GNSS! Zapis
śladu robi się
do późniejszej
analizy!