

## FJÄLLMARATONS GUIDE TILL ATT MÄTA HÖJDMETER

### Introduktion

Inför loppet och framförallt när vi gör nya bansträckningar så försöker vi mäta och uppskatta antal höjdmeter som ni kommer att springa men varje år brukar ändå frågan dyka upp efter loppet, "hur många höjdmeter sprang vi egentligen? Min klocka visar bara XXXXhm! Varför visar kompisens klocka fler höjdmeter?"

I år valde vi att gå till botten med det här och ta hjälp av Sports Tech Research Centre som är en del av Mittuniversitet och just nu driver forskningsprojektet Augmented Sports. Med hjälp av dem och Lantmäteriets mest exakta höjddata (grid 1+) så har vi kunnat jämföra våra metoder som bygger på öppen data och fritt tillgängliga verktyg med det bästa som finns.

Så nedan kommer en detaljerad redogörelse för vad vi kommit fram till och hur man bäst mäter höjdmeter i svensk fjällterräng.

### Att mäta höjdmeter

Att mäta höjdmeter kan jämföras med att mäta längden på en kustlinje, det är ett fraktalt problem där resultatet beror på hur man väljer att mäta, det finns inget sant svar. Det beror på hur noggrann data man har och även med noggrann data så måste man välja om man ska räkna med t ex varje steg upp och ner för varje liten sten. Kolla gärna på t ex. "Coastline paradox" på [youtube](#).

Sidan som vi använder för att göra våra uppskattningar har också en kanonbra sammanfattning kring metoderna för att mäta höjdmeter. [gpsvisualizer.com](https://gpsvisualizer.com)

## Insamling av höjddata

Det finns i huvudsak två sätt att samla in höjddata för att sedan beräkna stigning.

- Klocka eller handhållen GPS
- Höjdm modeller (DEM, Digital Elevation Models)

### Klocka eller handhållen GPS med barometer

En klocka är förmodligen det sätt som de flesta av oss är mest vana vid att använda och olika klockor är olika bra på att mäta höjdmeter. Den största skillnaden ligger i om din klocka har barometer eller inte och därefter hur smarta algoritmer din klocktillverkare eller träningsplattform har för att korrigera antalet höjdmeter, framförallt om klockan bara använder GPS-satelliter för höjdmätning.

En klocka med barometer mäter förändringar i lufttryck där trycket blir lägre på högre höjd. Man kan säga att en barometer generellt är bra på att mäta höjdförändringar och genom att t ex säga till den vilken starthöjd man har så kommer hela höjdmätningen bli väldigt bra. Dock har även en sådan här mätning några felkällor och några enkla tips för att göra mätningen bättre.

#### *Felkällor:*

- Fel startpunkt.
- Igentäppt sensoröppning för barometer som leder till felaktiga mätningar. Ofta ett hål på sidan av klockan.
- Inkommande hög- eller lågtryck, snabba väderförändringar.
- Blåsiga dagar, undviks genom att bära ett lager kläder utanpå klockan.

#### *Förbättra mätningarna:*

- Låt klockan anpassa sig till väder och temperatur en stund innan start.
- Kalibrera starthöjden genom manuellt mata in känt höjdvärde eller låta klockan få första höjdvärdet från GPS-satelliter. Kolla mot t ex karta.
- Använd hög samplingsrate 1s istället för SMART/automatiskt.

### Klocka eller handhållen GPS utan barometer

En klocka utan barometer förlitar sig på GPS-signal för höjddata och en GPS-signal i höjddled kan ha så stor osäkerhet som +/-100m medan osäkerheten i horisontalled ofta är närmre 10m. När höjddata är så här osäker så blir också resultatet direkt i klockan väldigt osäkert. Det är därför som det kan skilja sig ordentligt på vad du ser på klockan och vad som redovisas när du t ex synkar din klocka efter loppet.

Exempelvis Garmin CONNECT, STRAVA och de flesta andra plattformar har funktioner för att korrigera höjddata och dessa funktioner ersätter insamlad data med en höjdmmodell och därefter appliceras eventuella tröskelvärden på samma sätt som vi gör. Det här med höjdm modeller och tröskelvärden kommer vi gräva mer i.

Att höjddata kan skilja sig beror på att olika plattformar och hemsidor använder sig av olika höjdm modeller och applicerar olika tröskelvärden. Lite olika exempel finns bland referenserna.

## Höjdmodeller (DEM, Digital Elevation Models)

Eftersom det finns osäkerheter i de olika sätten vi löpare har att mäta höjd så är ett bättre sätt att använda sig av nationellt eller internationellt insamlad höjddata som finns med olika upplösning och noggrannhet och där den mest exakta data är samma som används t ex för att göra översvämningsanalyser. Digital höjdmodeller kan samlas in på olika sätt, av satelliter, extra exakt GPS eller lågt flygande flygplan med LIDAR-teknologi, läs mer [HÄR](#).

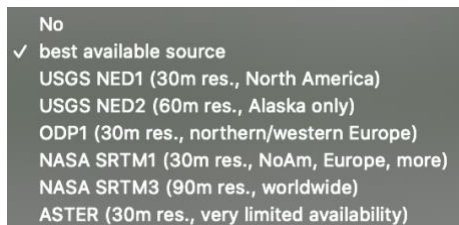
## Hur gör vi?

### Steg 1: GPS-fil med bansträckning

Använd eller skapa en GPS-fil med bansträckningen i horisontalplanet. Oftast en kombination av löpturer, gamla lopp och egenritade delar vid framtagning av nya bansträckningar. För att rita, klippa och klistra i GPS-filer använder vi kombinationer av verktyg som t ex [gpsvisualizer.com](https://gpsvisualizer.com), [WTracks](#), [JOSM](#) och [QGIS](#).

### Steg 2: Ersätt höjddata

Ersätt höjddata i GPS-filen med hjälp av en digital höjdmodell, om möjligt den bästa som finns i Sverige, grid 1+ från Lantmäteriet. Det finns också många fritt tillgängliga höjdmodeller och vanligtvis använder vi de som finns i verktyget hos [gpsvisualizer.com](https://gpsvisualizer.com) där vi både ersätter höjddata och ritar höjdprofiler.



Figur 1 | Olika alternativ av höjdmodeller på [gpsvisualizer.com](https://gpsvisualizer.com) (best available source fungerar bra).

### Steg 3: Beräkna total stigning och kontrollera

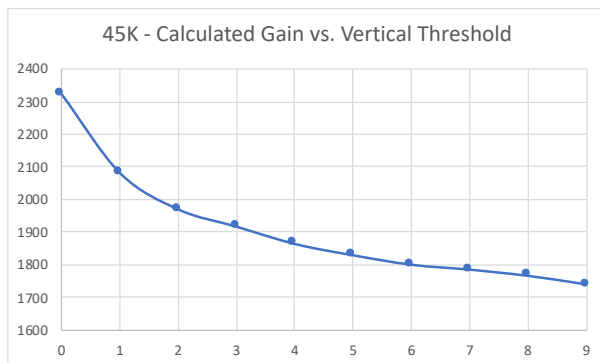
För att göra en korrekt beräkning av antal höjdmeter behöver vi först filtrera vår data både horisontellt och vertikalt och sätta tröskelvärden för vad som ska räknas med. För att få bort brus i GPS-filen som beror på att en person stått stilla eller rört sig långsamt så säger vi att en GPS-punkt måste vara minst 2m ifrån föregående för att räknas med. Se guiden på [gpsvisualizer.com](https://gpsvisualizer.com) för längre förklaring.

För att välja vertikalt tröskelvärde så finns det några guider att utgå från, t ex säger Tracedetrail/ITRAs guide - "[How to calculate elevation gain](#)" att man bör sätta ett värde på 3hm som tröskelvärde om man har mätt sitt GPS-spår med barometer. Alltså, vi räknar bara med en höjdmetersskillnad om den skiljer sig >3hm från föregående punkt. Applicerar vi detta värde rakt av på våra GPS-spår med ny höjddata från [gpsvisualizer](https://gpsvisualizer.com) så underskattar vi antal höjdmeter. Varför och vilket värde vi bör välja istället är det som Sports Tech Research Centre har hjälpt oss att välja.

För att se vilka inställningar vi bör använda så valde vi att jämföra några olika sätt att mäta höjddata på loppet som gick i år under fjällmaratonveckan 2021. För att ha något att utgå från valde vi GPS-spår från klockor i Garmins fenix serie som har barometer, till jämförelsen så kollade vi också på de löpare som placerade sig i toppen och vad deras klockor gav i total stigning. Detta jämfördes med grid 1+ data från ©Lantmäteriet med hjälp av Matlab. Med dessa värden i tabellen nedan kunde vi se vilket vertikalt tröskelvärde på den öppna DEM-datan från gpsvisualizer som gav resultat som var närmast Lantmäteriets data. Detta gav oss också en koll så att det stämde bra med de som sprang loppet.

Race	Barowatch example			STRAVA Average Top		LM - VT=3	GPSv Settings HT=2, VT=1		Error	
	Watch	Distance	Elev.	Distance	Elev.	Elev.	Distance	Elev.	%Off	mOff
VK	Fenix 5X	4,92	1028	4,87	1037	1021	4,97	1016	0,5	5
8K	Fenix 6s Pro	7,41	189	7,41	189	172	7,41	185	-7,6	-13
12K	Fenix 5s	12,28	317	12,26	308	321	12,25	309	3,7	12
27K	Fenix 5X	26,14	958	26,08	940	942	26,22	924	1,9	18
45K	Fenix 5X	45,61	1915	45,33	1886	1873	45,89	1863	0,5	10
100K	Fenix 5X	100,15	3133	100,25	3209	3091	100	3071	0,6	20

Figur 2 | Jämförelse av olika sätt att beräkna totalt antal höjdmeter.



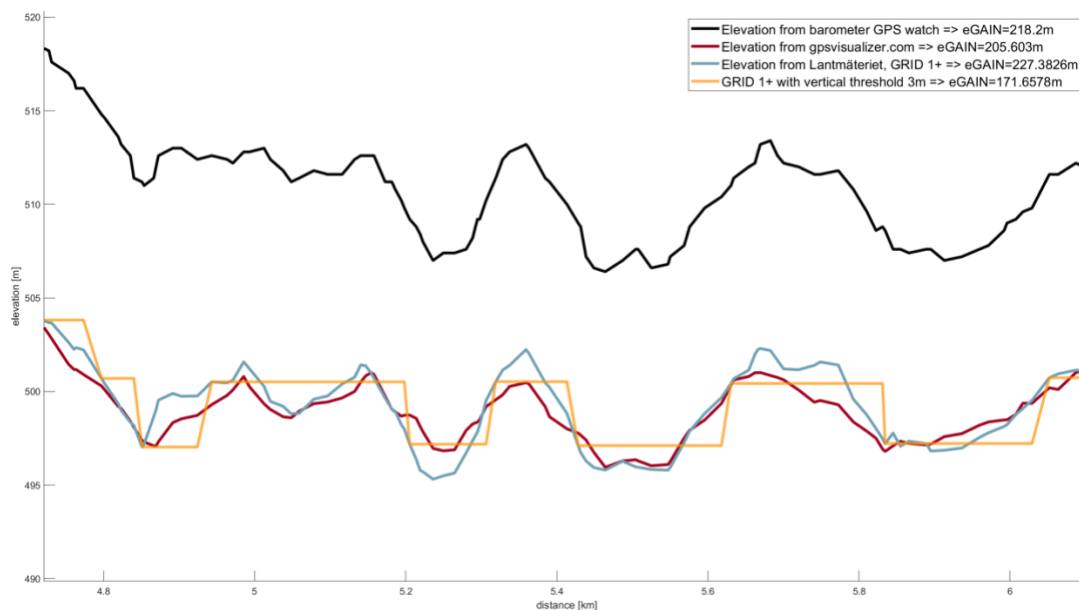
Figur 3 | Exempel på hur för lågt tröskelvärde överskattar och för hög tröskel underskattar antal höjdmeter.

## Resultat

Genom bra GPS-spår, ersättning av höjddata med bästa tillgängliga i gpsvisualizer.com och horisontellt tröskelvärde på 2m och vertikalt tröskelvärde på 1m så hamnar vi max 20hm fel på alla lopp från 5km till 100km.

Anledningen att vi behöver använda ett så lågt tröskelvärde som 1m kan vi se i figuren nedan för 8K-loppet. Svarta linjen är höjddata direkt från klockan som fångar höjdskillnaderna bra men inte var kalibrerad från start så hela kurvan är förskjuten uppåt. Den blå linjen är exakt data från Lantmäteriet och den röda linjen är mindre exakt data från gpsvisualizer. Kollar vi noga på den röda linjen så ser vi att den är lite mjukare än den blå och inte fångar gropar och toppar på samma sätt. Det är detta som gör att vi behöver använda ett tröskelvärde på 1hm för denna data medan 3hm fungerar bra för Lantmäteriets data. Sättet vi verifierade att just 3hm var rätt för Lantmäteriets data var att kolla på Vertical K loppet som vi vet startar på Åre torg 396möh och slutar nästan ända uppe på toppen av Åreskutan ca 1417möh vilket blir 1021hm.

För att vara riktigt noga så finns ca 2 små nedförsbackar på vertikalen vilket borde ge någon extra höjdmeter.



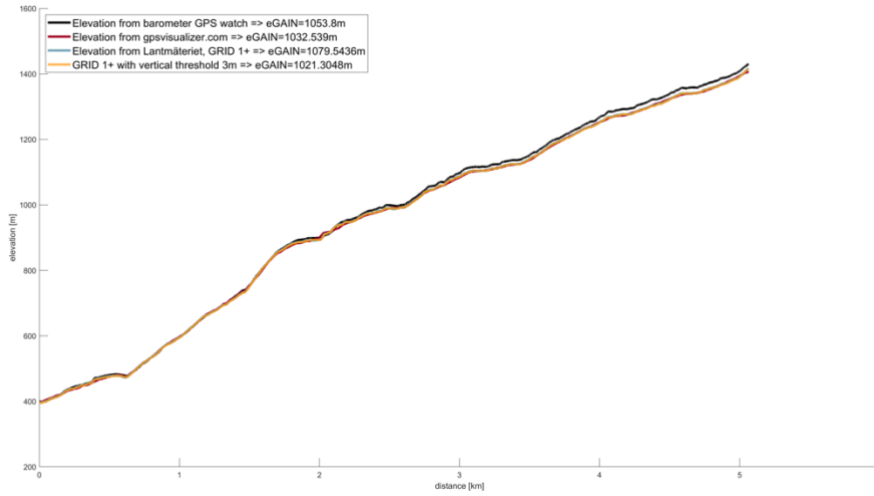
Figur 4 | Detaljjämförelse mellan olika höjddatakällor. © Lantmäteriet.

## Slutsats

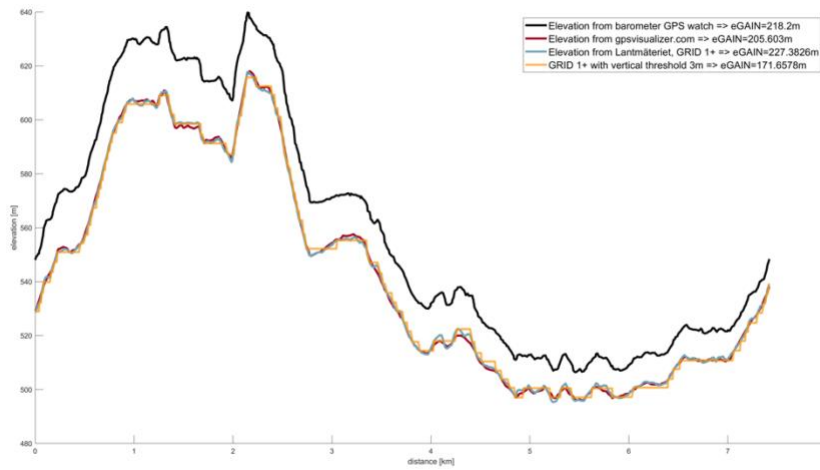
Vi är nu trygga i sättet vi mäter höjdmeter och har även inblick i hur våra lopp utvärderas av ITRA/UTMB.

Det viktigaste är att ni löpare också känner er trygga och vet vad som väntar i loppet. Några lopp kommer få korrigerade antal höjdmeter för att förhoppningsvis stämma ännu bättre med era klockor. Avrundningar till närmsta 50hm/100hm kommer fortfarande förekomma. Stort tack till Sports Tech Research Centre som hjälpt oss med denna analys!

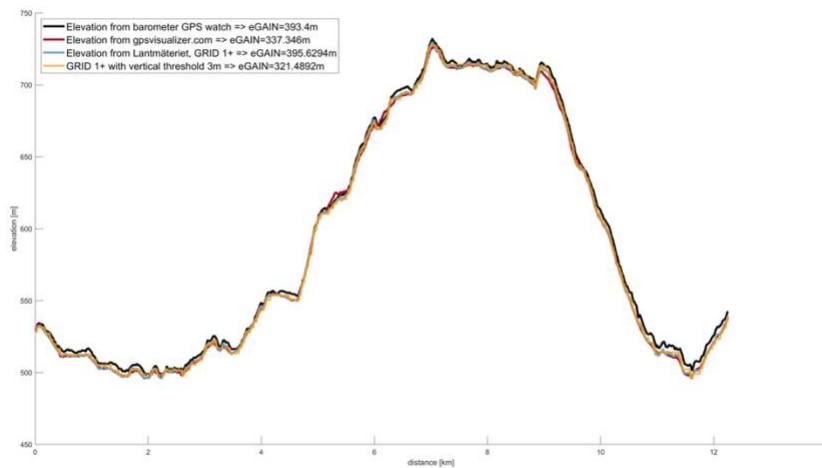
## Exempel från fjällmaratonveckan 2021



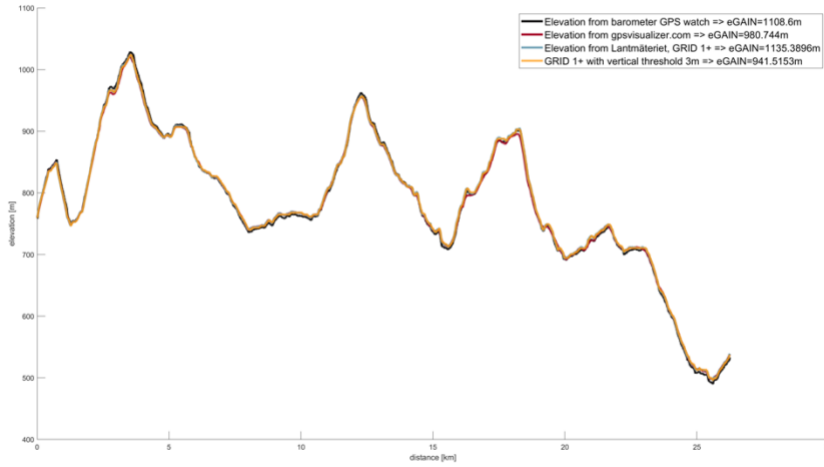
Figur 5 | Vertical K, referens för att välja tröskelvärde för Lantmäteriets data. ©Lantmäteriet



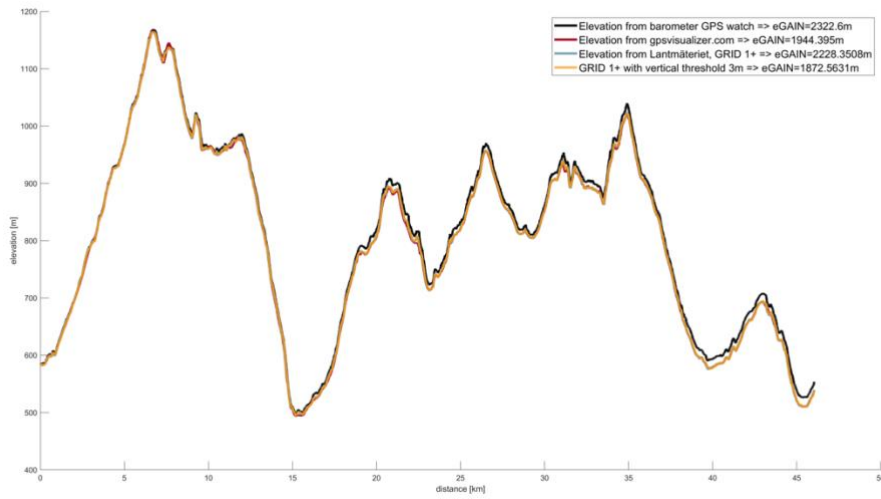
Figur 6 | 8K, exempel där GPS-klockan inte varit kalibrerad men ändå uppskattar höjdförändringar korrekt. ©Lantmäteriet



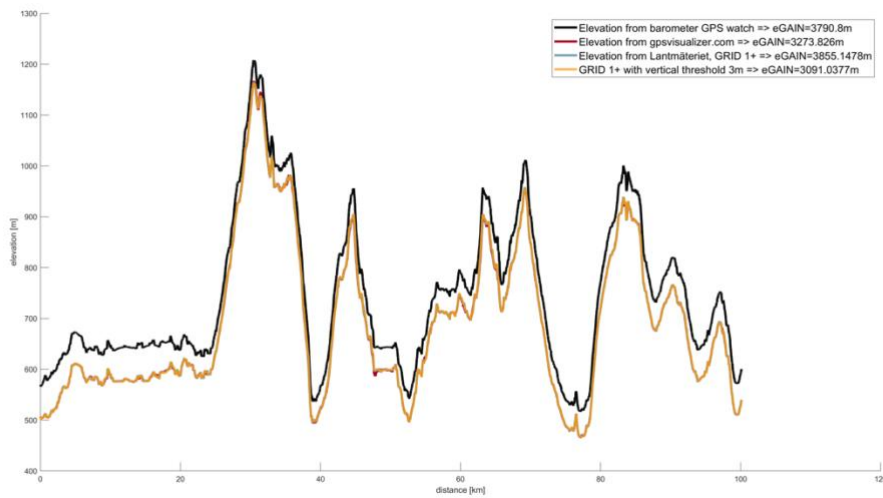
Figur 7 | 12K. ©Lantmäteriet



Figur 8 | 27K ©Lantmäteriet



Figur 9 | 45K, exempel där klockan stämmer bra första 15k men sedan driftar iväg lite. ©Lantmäteriet



Figur 10 | 100K, exempel på okalibrerad klocka. Höjdmeter kommer att stämma men inte absolut höjd på till exempel toppar. ©Lantmäteriet.

## Referenser

### Allmänt

#### Research Project Augmented Sports

<https://www.miun.se/Forskning/forskningsprojekt/pagaende-forskningsprojekt/augmented-sports/>

### Träningsplattformar och justering av höjddata

#### GARMIN

<https://support.garmin.com/en-US/?faq=R4I5hFFcUk8gJPC4zi0Xv6>

#### Trainingpeaks

<https://help.trainingpeaks.com/hc/en-us/articles/204073884-Elevation-Correction>

#### STRAVA

<https://support.strava.com/hc/en-us/articles/216919447-Elevation-for-Your-Activity>

#### COROS

<https://support.coros.com/hc/en-us/articles/360040008132-Why-the-elevation-may-not-be-accurate->

### Höjdmodeller och tröskelvärden

#### Lantmäteriets höjdmodeller

<https://www.lantmateriet.se/sv/Kartor-och-geografisk-information/geodataprodukter/produktlista/markhojdmodell-nedladdning-grid-1/>

<https://www.lantmateriet.se/sv/Kartor-och-geografisk-information/geodataprodukter/produktlista/hojddata-grid-50/>

#### Norges höjdmodeller

<https://hoydedata.no/LaserInnsyn/>

#### Tracedettrail/ITRA – How to calculate elevation gain

<https://tracedettrail.fr/en/accueil/help/calcul>

#### Everything you need to know about Digital Elevation Models

<https://up42.com/blog/tech/everything-you-need-to-know-about-digital-elevation-models-dem-digital>

#### GPS Visualizer

[https://www.gpsvisualizer.com/tutorials/elevation\\_gain.html](https://www.gpsvisualizer.com/tutorials/elevation_gain.html)

#### GPS Visualizer: Länk med inställningar

[https://www.gpsvisualizer.com/profile\\_input?format=svg&legend\\_placement=none&lightness=0&margin=50&margin\\_bottom=40&margin\\_left=60&margin\\_right=50&margin\\_top=20&profile\\_axis\\_titles=0&profile\\_trk\\_separators=0&profile\\_x\\_div=20&profile\\_x\\_labels\\_horizontal=1&profile\\_x\\_max=50&profile\\_x\\_min=0&profile\\_y\\_div=15&profile\\_y\\_max=1200&profile\\_y\\_min=450&saturation=0&text\\_size=20&trk\\_colorize=none&trk\\_elevation\\_gain=1&trk\\_elevation\\_threshold=1&trk\\_stats=1&trk\\_width=5&units=metric&width=800&trk\\_distance\\_threshold=2](https://www.gpsvisualizer.com/profile_input?format=svg&legend_placement=none&lightness=0&margin=50&margin_bottom=40&margin_left=60&margin_right=50&margin_top=20&profile_axis_titles=0&profile_trk_separators=0&profile_x_div=20&profile_x_labels_horizontal=1&profile_x_max=50&profile_x_min=0&profile_y_div=15&profile_y_max=1200&profile_y_min=450&saturation=0&text_size=20&trk_colorize=none&trk_elevation_gain=1&trk_elevation_threshold=1&trk_stats=1&trk_width=5&units=metric&width=800&trk_distance_threshold=2)