

Facit för vägyteparametrar

Stöd vid utveckling av beräkningsalgoritmer

Peter Andrén (Datamani)
Thomas Lundberg (VTI)

Inledning

I föreliggande rapport presenteras resultat från beräkningar av vägyteparametrarna IRI, MPD, megatextur, spårdjup, tvärfall och lokala ojämnheter. Till dokumentet distribueras de längs- och texturprofiler som beräkningarna baseras på (tvärprofilerna kan kopieras direkt från rapporten). Förutsättningarna för själva algoritmerna specificeras i Trafikverkets dokument TRVMB 150 och upprepas inte här.

Syftet med föreliggande rapport är att utgöra ett stöd för de som vill testa egenutvecklade algoritmer av ovan nämnda vägyteparametrar.

Vid beräkningen av MPD har följande Matlab-kod använts för filtreringen av millimeterprofilen.

```
% Filter the millimeter profile with a second order
% 140 millimeter highpass Butterworth filter.
[b, a]          = butter(2, 1/140*2*1.0, 'high');
MM              = filtfilt(b, a, MM);
% Filter the millimeter profile with a second order
% 3 millimeter lowpass Butterworth filter.
[b, a]          = butter(2, 1/3*2*1.0, 'low');
mm              = filtfilt(b, a, MM);
```

Vid beräkningen av megatextur har följande Matlab-kod använts för filtreringen av millimeterprofilen.

```
% Filter the millimeter profile with a third order
% 3--140 millimeter bandpass Butterworth filter.
[b, a]          = butter(3, [1/500, 1/50]*2*1.0);
mm              = filtfilt(b, a, MM);
```

International Roughness Index (IRI)

Beräkningen av IRI är gjord på tre längsprofiler: "low", "med" och "high", med ökande IRI. Observera att samplingsavståndet är 0,125 m, vilket också har använts för IRI-beräkningen.

Resultaten från IRI-beräkningarna ges i tabellen nedan.

Distans	"low"	"med"	"high"
20	0.521041	1.409008	2.579342
40	0.771296	1.631585	4.831566
60	0.839522	2.026298	6.056056
80	0.724596	2.330698	3.250406
100	0.984403	1.491924	2.270365
120	2.187528	2.015838	2.640094
140	0.606347	2.241310	3.840697
160	0.463408	1.919588	2.662317
180	0.631279	2.377496	2.286753
200	0.858345	2.136856	6.167637
220	0.797412	2.350116	6.236335
240	0.856324	2.122785	4.930604
260	0.673056	1.828344	3.797498
280	0.720377	2.397342	2.978274
300	1.097179	1.422690	3.291543
320	0.477812	2.199483	2.017555
340	0.477108	2.158343	4.456818
360	0.667873	1.759033	9.332794
380	0.987895	2.176608	4.268200
400	0.733211	1.914949	3.830369
420	0.612175	2.510690	3.675591
440	0.636125	3.224920	8.212674
460	0.786497	1.792662	3.111621
480	1.022952	2.836296	6.203730
500	1.077562	2.263816	2.787937
520	0.689057	1.836429	2.702403
540	0.438339	1.439186	2.889337
560	0.725907	2.028561	6.260302
580	0.623021	2.627749	7.153145
600	0.768788	2.162773	7.760441
620	0.553145	3.294292	7.725464
640	0.637955	2.119484	4.174191
660	0.842672	2.717678	3.433895
680	0.631172	3.136959	2.555966
700	0.794005	1.746916	4.859466
720	0.952131	2.273990	7.213638
740	0.841965	3.556099	3.168175
760	0.674802	2.745360	2.621429
780	1.055817	4.338570	2.190435
800	1.384285	2.118364	4.034427
820	1.167945	1.613379	4.817372
840	0.989094	1.442681	3.883657
860	1.421727	1.906757	4.213441
880	0.817828	2.925321	3.001546
900	0.808570	3.135170	5.563550
920	0.545377	1.592112	3.001848
940	0.685371	2.083080	6.544980
960	0.533726	2.321057	4.986554
980	0.543193	3.011331	5.651921
1000	0.541544	2.147660	3.123476

Mean Profile Depth (MPD)

MPD är beräknat på åtta typprofiler. Profil åtta är samma som profil fyra, fast med NaN inlagda för att simulera bortfall.

Resultaten från MPD-beräkningarna ges i tabellen nedan. (Av utrymmesskäl används tjugo meters presentationslängd.)

Distans	1	2	3	4	5	6	7	8
20	2.439504	0.716778	1.021733	1.173906	0.742524	0.771975	1.440434	1.173619
40	2.292445	0.700817	1.185444	1.271500	0.608405	0.341689	1.521759	1.271304
60	2.445246	0.608156	1.407670	1.242586	0.470457	0.309069	1.483683	1.242073
80	2.479839	0.696672	1.370710	1.119392	0.484271	0.379901	1.317305	1.119168
100	2.492681	0.743443	1.645776	1.258625	0.551742	0.305854	1.404544	1.258602
120	2.546235	0.636030	1.720165	1.178941	0.713920	0.374101	1.381121	1.178846
140	2.393312	0.660487	1.787563	1.194895	0.678687	0.250408	1.375096	1.194974
160	2.374037	0.689440	1.887269	1.142483	0.751969	0.222964	1.431228	1.142259
180	2.403142	0.676359	1.767858	1.217263	0.798796	0.276186	1.504235	1.217115
200	2.343548	0.647367	1.742851	1.142491	0.763696	0.252861	1.126382	1.142226
220	2.375847	0.691070	1.753630	1.080619	0.790316	0.289633	1.029309	1.080268
240	2.502185	0.707010	1.852990	1.138325	0.513285	0.294763	1.188232	1.138022
260	2.441356	0.678957	1.844523	1.218411	0.406416	0.345758	1.106295	1.218328
280	2.410488	0.621651	1.837913	1.235951	0.469331	0.439404	1.241237	1.235464
300	2.387235	0.644256	1.804388	1.252922	0.472092	0.455272	1.251186	1.252712
320	2.354909	0.670939	1.794371	1.188161	0.691834	0.388780	1.252211	1.188161
340	2.352508	0.677091	1.760569	1.210777	0.621832	0.478586	1.274763	NaN
360	2.388491	0.649190	1.778969	1.013385	0.647057	0.458560	1.307293	NaN
380	2.431836	0.666783	1.659011	1.103038	0.553111	0.423608	1.239830	NaN
400	2.151368	0.672611	1.728073	1.242772	0.571258	0.461811	1.147656	NaN
420	2.340293	0.739449	1.760590	1.264179	0.506665	0.375041	1.201734	NaN
440	2.500227	0.688785	1.875492	1.144726	0.618161	0.439453	1.210569	NaN
460	2.415622	0.787665	1.989512	1.151242	0.750218	0.413296	1.235820	NaN
480	2.537287	0.794792	1.855487	1.230908	0.800979	0.392006	1.128465	NaN
500	2.396898	0.785615	1.935019	1.110873	0.967089	0.414500	1.161269	NaN
520	2.457287	0.745086	1.908384	1.277884	0.867573	0.510742	1.192058	NaN
540	2.535834	0.699943	1.815967	1.095517	0.779967	0.545226	1.222354	NaN
560	2.540526	0.668254	1.915577	1.265013	0.808208	0.347508	1.164844	NaN
580	2.515972	0.748577	1.849487	1.115013	0.846546	0.326773	1.289875	NaN
600	2.528167	0.832844	1.812230	1.125580	0.643051	0.323937	1.392366	NaN
620	2.773340	0.768561	1.771735	1.243152	0.562016	0.258370	1.503936	NaN
640	2.778718	0.718956	1.745231	1.163551	0.781517	0.325448	1.452059	NaN
660	2.723850	0.769651	1.704563	1.345686	0.653087	0.370894	1.302072	1.345686
680	2.640041	0.780230	1.752573	1.353756	0.627600	0.399588	1.240847	1.353756
700	2.327094	0.750449	1.685074	1.291248	0.522577	0.375028	1.298183	1.291248
720	2.320818	0.747723	1.738244	1.241098	0.590247	0.472012	1.227640	NaN
740	2.500111	0.712599	1.627736	0.939278	0.611364	0.460406	1.162360	NaN
760	2.452722	0.704715	1.726510	1.226778	0.388505	0.395308	1.220970	NaN
780	2.574538	0.709931	1.798575	1.119580	0.561882	0.367437	1.002806	NaN
800	2.542034	0.726550	1.762001	1.106473	0.688881	0.347260	1.160719	1.106473
820	2.454799	0.727075	1.714508	1.117573	0.687478	0.326072	1.139213	1.117573
840	2.432600	0.702525	1.629496	0.943133	0.840512	0.367974	1.076526	NaN
860	2.411534	0.697002	1.767080	0.985391	0.574532	0.412000	1.444037	NaN
880	2.334104	0.788795	1.597488	1.012963	0.565066	0.472915	1.528954	1.012963
900	2.371008	0.728361	1.639414	1.045710	0.543382	0.505878	1.631259	1.045710
920	2.438223	0.707027	1.673545	1.255617	0.545116	0.521548	1.477822	NaN
940	2.330666	0.647033	1.723678	1.082385	0.516960	0.460669	1.305893	1.082385
960	2.347253	0.659052	1.830107	1.264001	0.554537	0.490065	1.139759	1.264001
980	2.466616	0.693036	1.686373	1.193136	0.784264	0.474331	1.100961	1.193136
1000	2.548459	0.725908	1.580835	1.213677	0.903021	0.454867	1.159507	1.213677

Megatextur

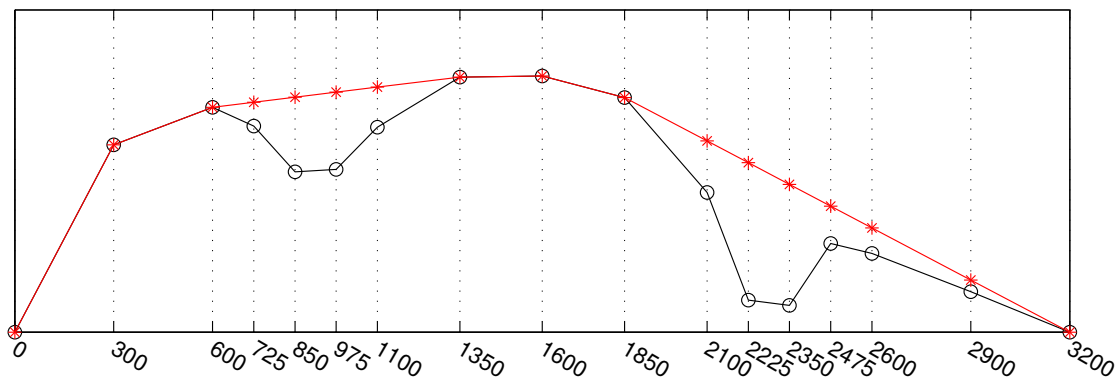
Megatextur är beräknat på de åtta typprofilerna. Profil åtta är samma som profil fyra, fast med NaN inlagda för att simulera bortfall.

Resultaten från beräkningarna av megatextur ges i tabellen nedan. (Av utrymmesskäl används tjugo meters presentationslängd.)

Distans	1	2	3	4	5	6	7	8
20	0.850997	0.293230	0.508649	0.488786	0.337507	0.393211	0.767281	0.488861
40	0.771084	0.243959	0.613994	0.507714	0.280604	0.148943	0.710960	0.507644
60	0.826446	0.215777	0.679873	0.543292	0.185846	0.134369	0.663463	0.543083
80	0.820778	0.287971	0.671479	0.459938	0.184923	0.173725	0.600968	0.459669
100	0.785577	0.306760	0.667693	0.502258	0.222822	0.166757	0.655129	0.502373
120	0.830374	0.251337	0.645927	0.460325	0.315892	0.209283	0.632919	0.460278
140	0.781136	0.331107	0.750431	0.478230	0.248569	0.126695	0.667215	0.478289
160	0.733284	0.244576	0.772290	0.488698	0.287807	0.184618	0.717120	0.488714
180	0.745636	0.281831	0.725571	0.503781	0.384954	0.151855	0.767286	0.503776
200	0.786154	0.244331	0.693687	0.457925	0.321056	0.123947	0.615945	0.457730
220	0.799354	0.272801	0.697866	0.424319	0.362278	0.127189	0.458287	0.424341
240	0.799766	0.304102	0.750508	0.467548	0.231280	0.133940	0.524149	0.467626
260	0.785523	0.258304	0.727687	0.500836	0.203315	0.152062	0.487532	0.500767
280	0.821361	0.253760	0.758088	0.514367	0.202965	0.194457	0.653154	0.514292
300	0.811843	0.257943	0.710901	0.521186	0.218373	0.201687	0.567100	0.521127
320	0.839647	0.465129	0.740050	0.524959	0.317089	0.165919	0.589440	0.524959
340	0.773974	0.315279	0.710319	0.491156	0.305143	0.200948	0.594022	NaN
360	0.758497	0.299491	0.663393	0.380467	0.301839	0.189939	0.603254	NaN
380	0.793498	0.250863	0.665287	0.474059	0.261649	0.173539	0.551267	NaN
400	0.697656	0.279077	0.661247	0.546214	0.245359	0.191917	0.493219	NaN
420	0.758420	0.291301	0.673479	0.553590	0.224264	0.148327	0.560865	NaN
440	0.852194	0.259398	0.728370	0.489577	0.290014	0.196398	0.574850	NaN
460	0.785877	0.316893	0.728537	0.537237	0.332614	0.189408	0.567866	NaN
480	0.836394	0.335219	0.721898	0.551815	0.385021	0.182137	0.493445	NaN
500	0.802068	0.335137	0.760520	0.468900	0.447873	0.154116	0.449005	NaN
520	0.811019	0.293000	0.725320	0.563808	0.447436	0.212369	0.536432	NaN
540	0.863740	0.260024	0.710161	0.462242	0.397143	0.294250	0.606817	NaN
560	0.881301	0.267141	0.751133	0.524928	0.419767	0.210398	0.467893	NaN
580	0.878576	0.298259	0.724490	0.449980	0.452879	0.176075	0.530915	NaN
600	0.816059	0.366577	0.716871	0.448602	0.332594	0.146628	0.553752	NaN
620	0.952300	0.333313	0.694242	0.507329	0.302354	0.138835	0.615034	NaN
640	0.910159	0.302156	0.702844	0.479976	0.450001	0.160191	0.678240	NaN
660	0.899252	0.303679	0.665723	0.618616	0.377537	0.178843	0.703079	0.618616
680	0.847057	0.313170	0.680701	0.659760	0.363133	0.176438	0.517856	0.659760
700	0.760970	0.278927	0.654268	0.574073	0.306210	0.177352	0.501932	0.574073
720	0.884607	0.264028	0.695537	0.531844	0.329555	0.209584	0.705925	NaN
740	0.922315	0.280143	0.661740	0.407955	0.321926	0.204833	0.514893	NaN
760	0.897527	0.267470	0.679176	0.555805	0.233362	0.152936	0.566333	NaN
780	0.862857	0.289313	0.730857	0.496214	0.300610	0.165444	0.505887	NaN
800	0.855172	0.263690	0.686328	0.518022	0.350772	0.166558	0.587754	0.518022
820	0.805971	0.303565	0.699962	0.523864	0.364850	0.149364	0.455201	0.523864
840	0.863410	0.271786	0.659781	0.415254	0.433410	0.168725	0.505524	NaN
860	0.746033	0.235155	0.720762	0.449347	0.291806	0.183819	0.675723	NaN
880	0.740830	0.275478	0.644510	0.454858	0.297396	0.194428	0.796818	0.454858
900	0.780012	0.259463	0.646937	0.476039	0.263510	0.234402	0.740879	0.476039
920	0.762652	0.255395	0.669444	0.576290	0.272637	0.217461	0.689562	NaN
940	0.735201	0.237127	0.729538	0.467722	0.255324	0.194702	0.588937	0.467722
960	0.753660	0.242855	0.750738	0.546534	0.324465	0.190925	0.531130	0.546534
980	0.805532	0.242211	0.677235	0.483853	0.444770	0.204218	0.580779	0.483853
1000	0.829630	0.258109	0.637527	0.477258	0.476812	0.202080	0.521498	0.477258

Spårdjup

Spårdjupet definieras i TRVMB 150 som ”det största av de rätvinkliga avstånden mellan den tänkta tråden och vägytan”. I figurerna nedan illustreras ”den tänkta tråden” i rött och ”vägytan” i svart. De tre tvärprofilerna kallas vid behov för ’A’, ’B’ och ’C’.

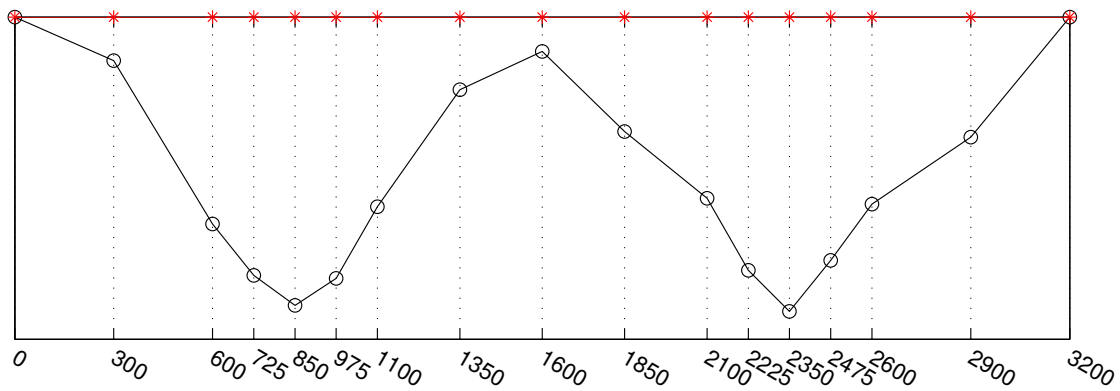


Figur 1 Profil 'A'.

I tabellen nedan presenteras hela spårdjupsprofilen, och ”spårdjup, max” markeras i fetstil.

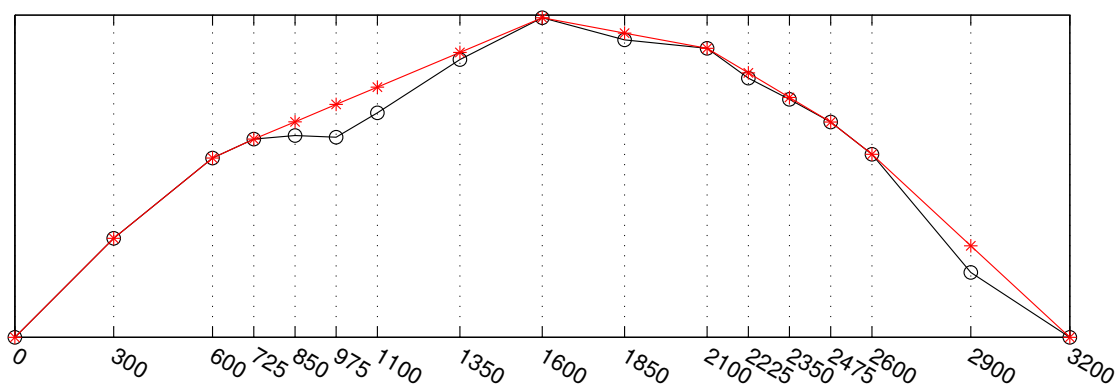
X-dist	Väghöjd	Spårhöjd
0000	0.000000	0.000000
0300	23.239136	0.000000
0600	27.908547	0.000000
0725	25.574930	-2.959408
0850	19.888388	-9.271699
0975	20.203255	-9.582656
1100	25.444156	-4.967641
1350	31.663516	0.000000
1600	31.796901	0.000000
1850	29.120223	0.000000
2100	17.338975	-6.387128
2225	3.978439	-17.048867
2350	3.320217	-15.011246
2475	10.997868	-4.639691
2600	9.761638	-3.179943
2900	5.025087	-1.445737
3200	0.000000	0.000000

På de två kommande sidorna redovisas ytterligare två tvärprofiler enligt samma mönster.



Figur 2 Profil 'B'.

X-dist	Vägprofil	Spårprofil
0000	0.000000	0.000000
0300	-3.383155	-3.383155
0600	-16.057206	-16.057206
0725	-20.052075	-20.052075
0850	-22.368930	-22.368930
0975	-20.284477	-20.284477
1100	-14.716635	-14.716635
1350	-5.636817	-5.636817
1600	-2.670804	-2.670804
1850	-8.878793	-8.878793
2100	-14.060049	-14.060049
2225	-19.652878	-19.652878
2350	-22.845574	-22.845574
2475	-18.874533	-18.874533
2600	-14.509339	-14.509339
2900	-9.314966	-9.314966
3200	0.000000	0.000000



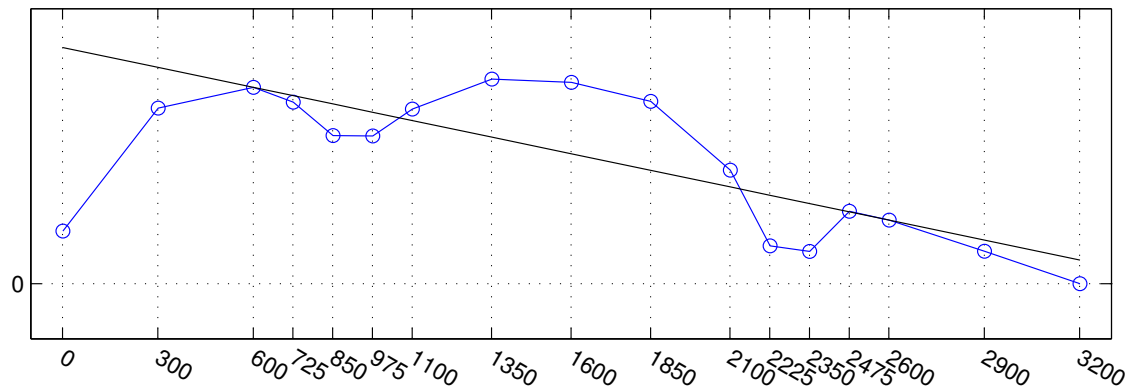
Figur 3 Profil 'C'.

X-dist	Vägprofil	Spårprofil
0000	0.000000	0.000000
0300	15.363573	0.000000
0600	27.821168	0.000000
0725	30.740955	0.000000
0850	31.302833	-2.127227
0975	31.036797	-5.082176
1100	34.814262	-3.994559
1350	43.082262	-1.106422
1600	49.568134	0.000000
1850	46.132338	-1.072092
2100	44.840822	0.000000
2225	40.214233	-0.809155
2350	36.931391	-0.275190
2475	33.389653	0.000000
2600	28.387276	0.000000
2900	10.062082	-4.126939
3200	0.000000	0.000000

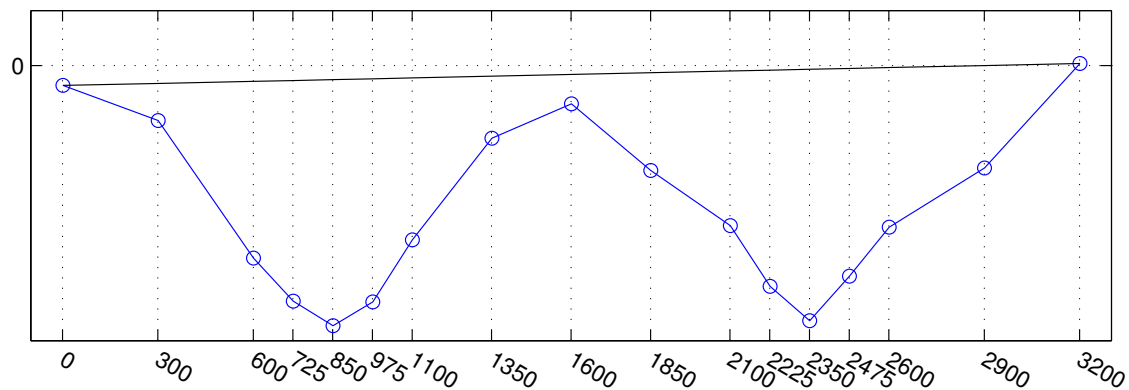
Tvärfall

Tvärfall beräknas enligt tre metoder, vilka illustreras nedan. Den svarta linjen i figurerna representerar tvärfallet, vars numeriska värden ges i tabellen längst ner på sidan.

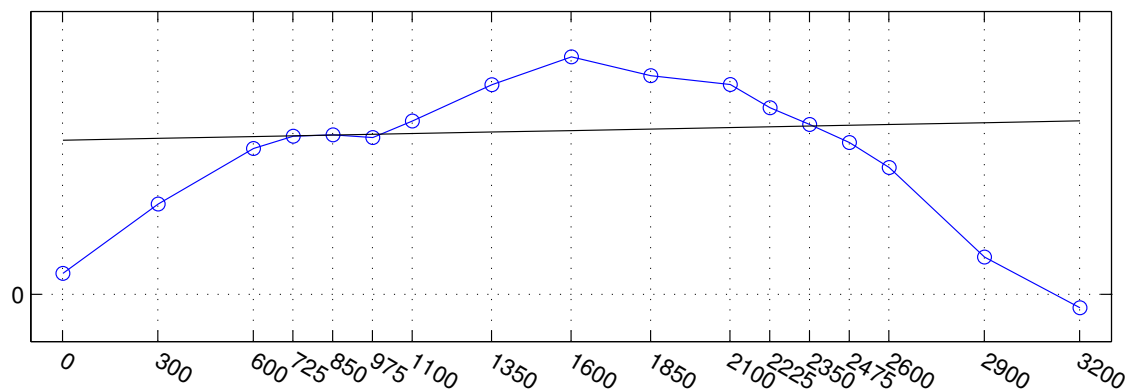
Ytlinjemetoden (på profil 'A').



Gränspunktsmetoden (på profil 'B').



Spårbottenmetoden (på profil 'C').



	Profil 'A'	Profil 'B'	Profil 'C'
Ytlinjemetoden	-1.207057	0.139906	-0.200417
Gränspunktsmetoden	-0.299711	0.062512	-0.228723
Spårbottenmetoden	-1.327248	0.093570	0.128365