

Étude thermique de 12 sections en béton

L'évolution et la distribution de la température dans une douzaine de sections en béton ont été étudiées à l'aide du logiciel SAFIR®.

1. Propriétés thermiques du béton

- Type de granulats : calcaires
- Masse volumique : 2500 kg/m³
- Teneur en eau : 1.5%, soit 37.5 kg/m³
- Coefficient de convection des faces exposées : 25W/m²K
- Émissivité relative : 0.7
- Conductivité thermique du béton suivant la limite inférieure de la figure 3.7 de la NBN EN 1992-1-2.

2. Modélisation de la section dans le logiciel SAFIR

Nous avons tenu compte de la symétrie de la section et de l'attaque thermique, et nous n'avons modélisé qu'une demi-section.

La courbe de température est appliquée à la face inférieure de la semelle inférieure ainsi qu'aux faces latérales de la section. La face supérieure de la semelle supérieure est adiabatique, tout comme l'axe de symétrie vertical de la section. Ceci est illustré par la Figure 1.

La courbe de température appliquée à la section est la courbe température/temps normalisée (ISO 834), dont l'équation est donnée par :

$$\theta_g = 20 + 345 \log_{10}(8t + 1)$$

où θ_g est la température des gaz en degrés Celsius et t le temps en minutes.



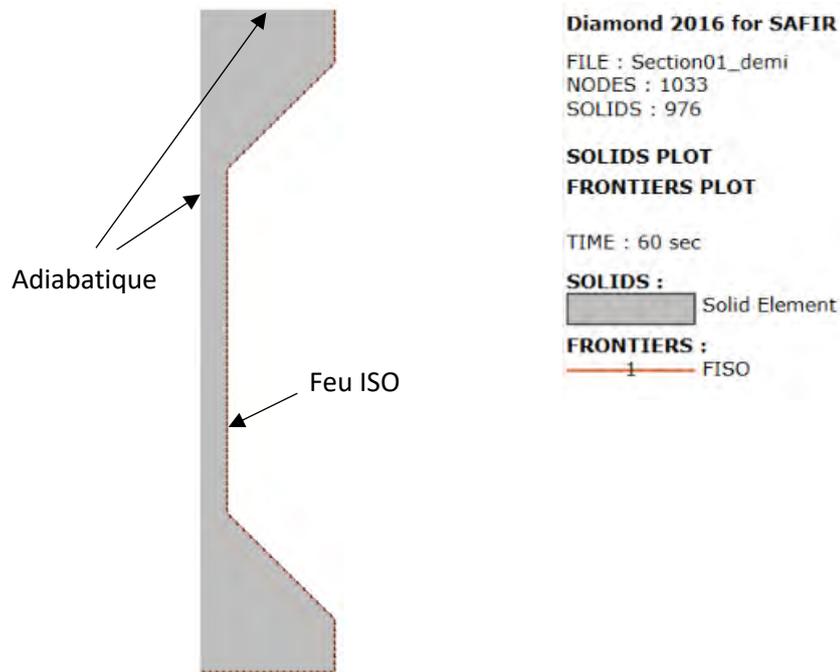


Figure 1 : Illustration du périmètre de la section soumis au feu

3. Présentation des résultats

Pour chaque section, la distribution de la température dans la section est donnée après 60, 90, 120 et 240 minutes.

Pour chaque section, et pour chaque temps, la distribution de la température est donnée dans 3 zones :

- la semelle supérieure et le début de l'âme;
- le milieu de l'âme;
- la semelle inférieure et le début de l'âme.

La température est donnée en chaque nœud de la section. Un maillage de 10mm a été utilisé pour toutes les sections.

Les sections étudiées, et leurs appellations, sont reprises dans le Tableau 1.

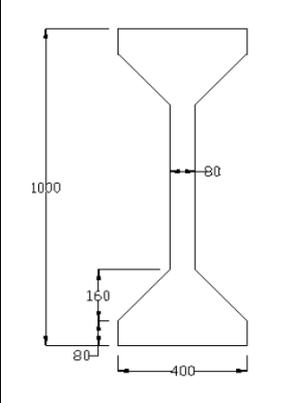
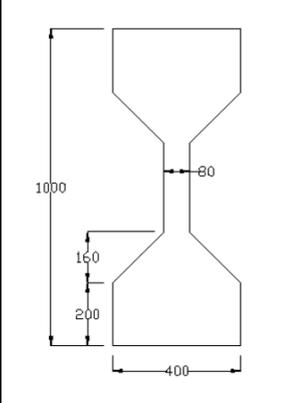
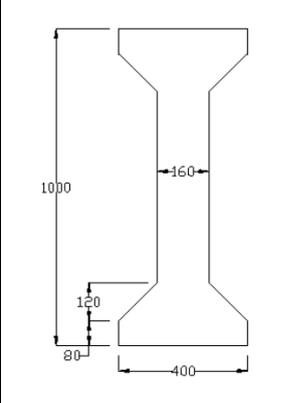
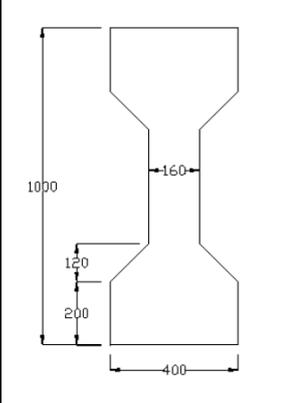
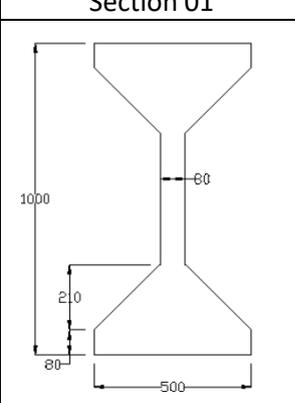
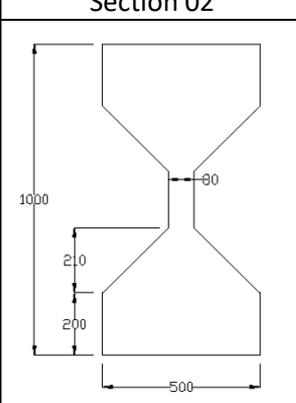
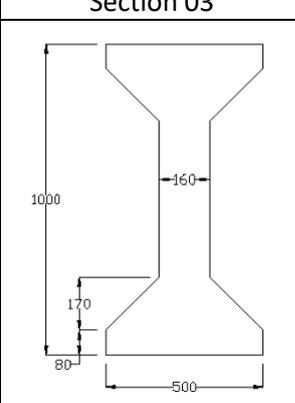
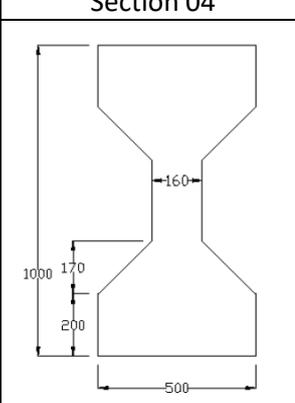
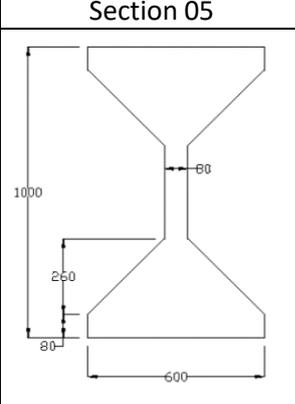
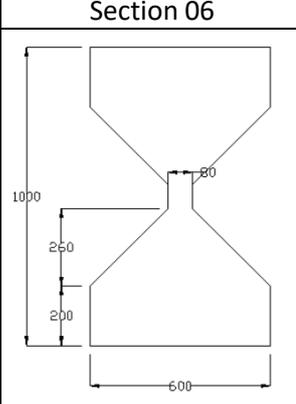
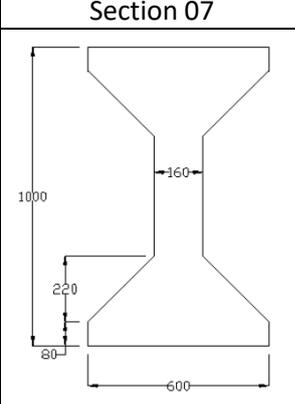
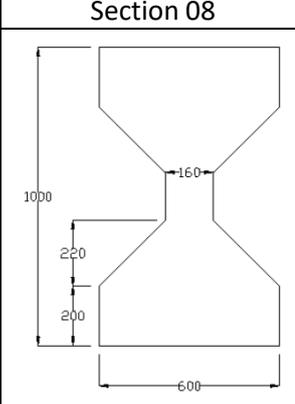
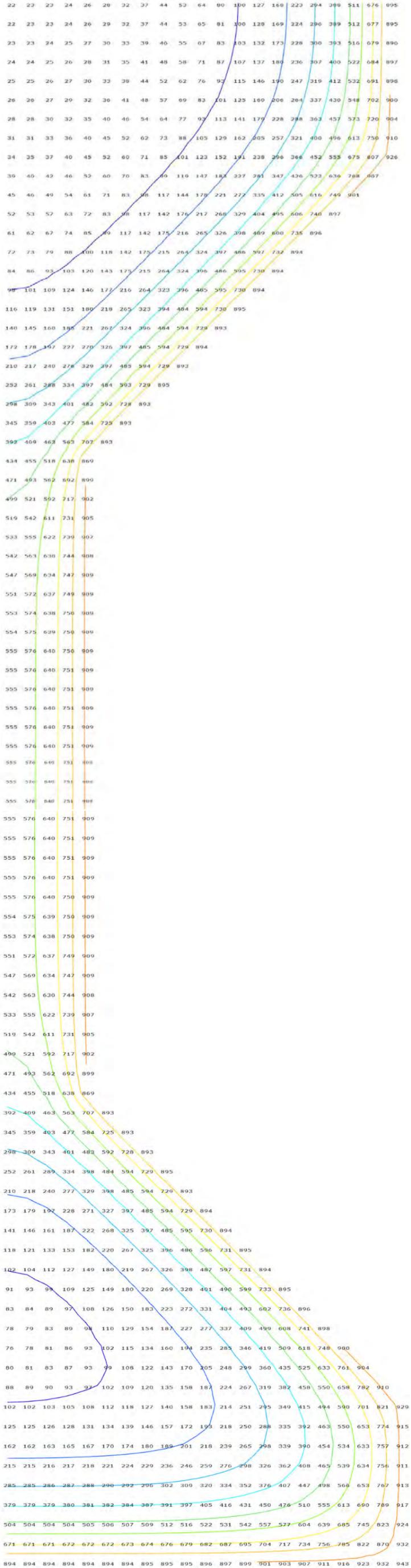
			
Section 01	Section 02	Section 03	Section 04
			
Section 05	Section 06	Section 07	Section 08
			
Section 09	Section 10	Section 11	Section 12

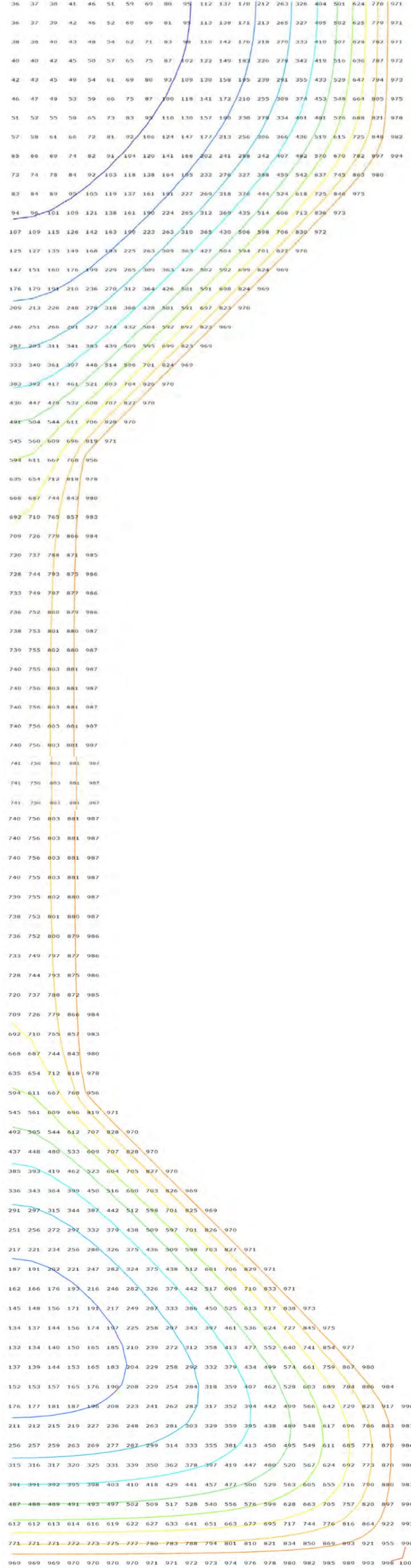
Tableau 1 : Sections étudiées

Section 01

60 minutes

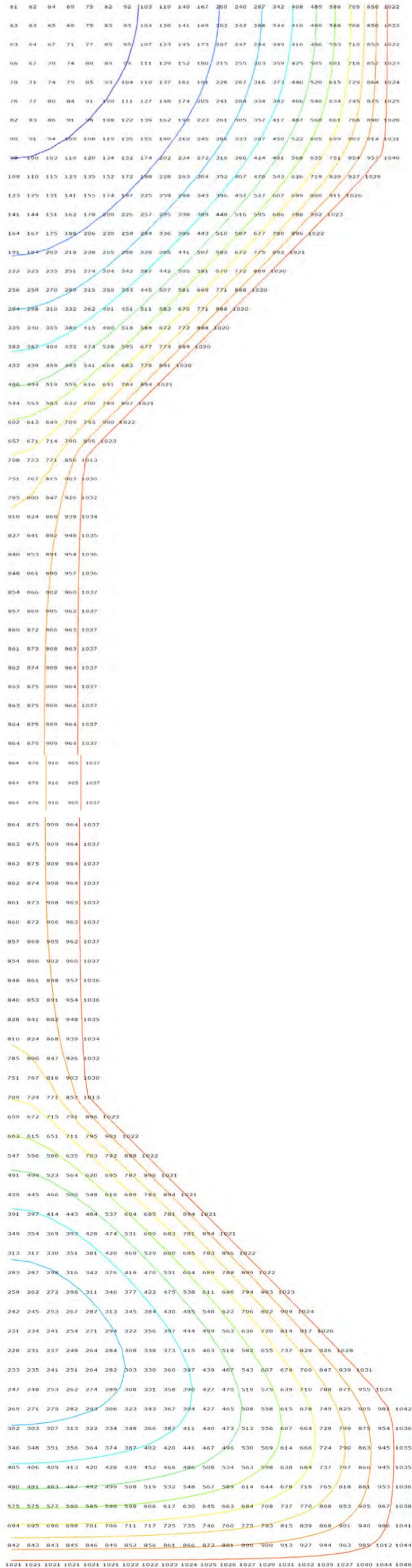


90 minutes



Section 01

120 minutes

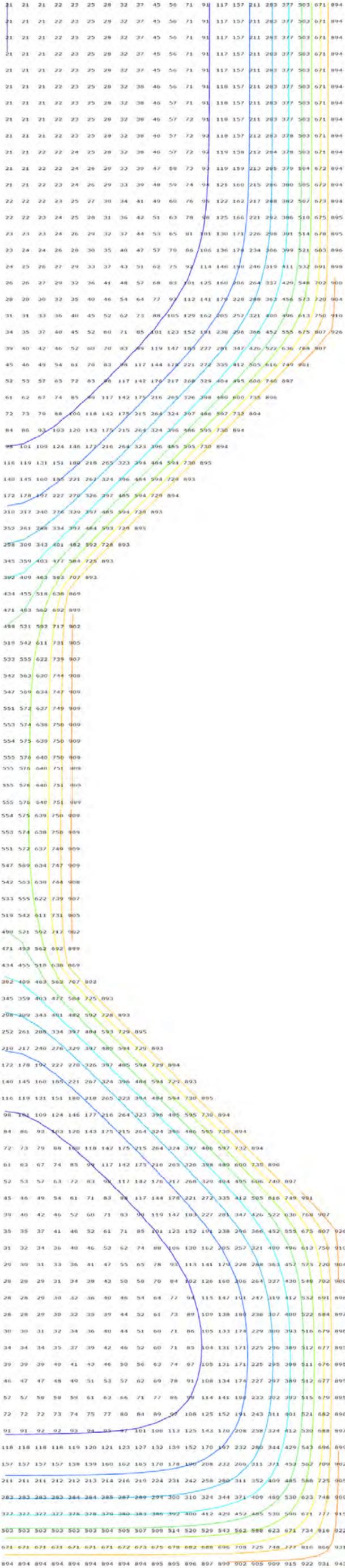


240 minutes

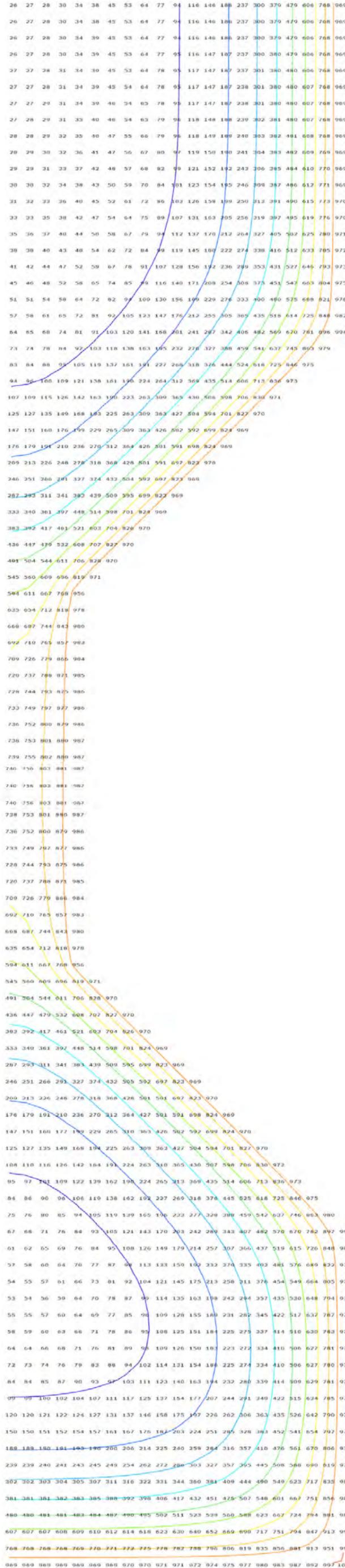


Section 02

60 minutes

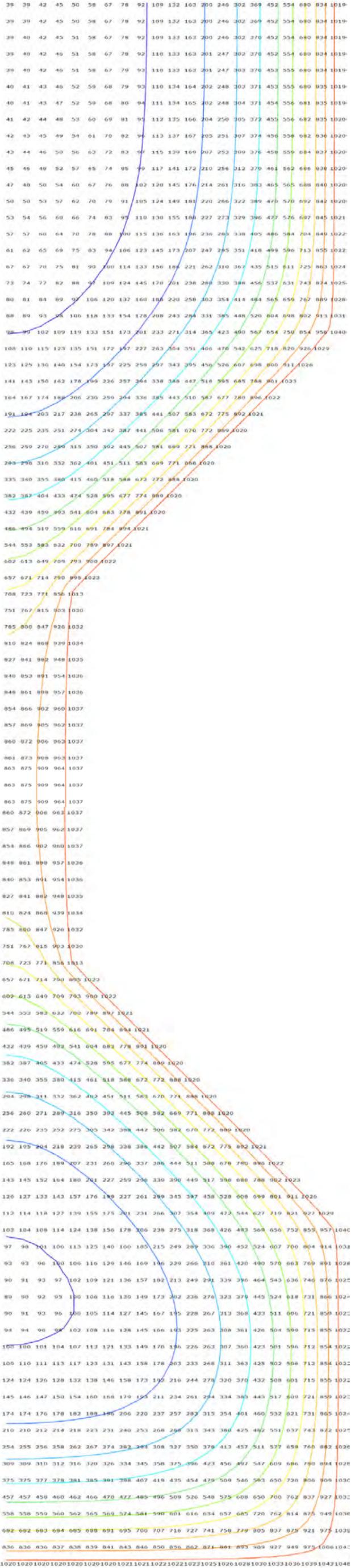


90 minutes

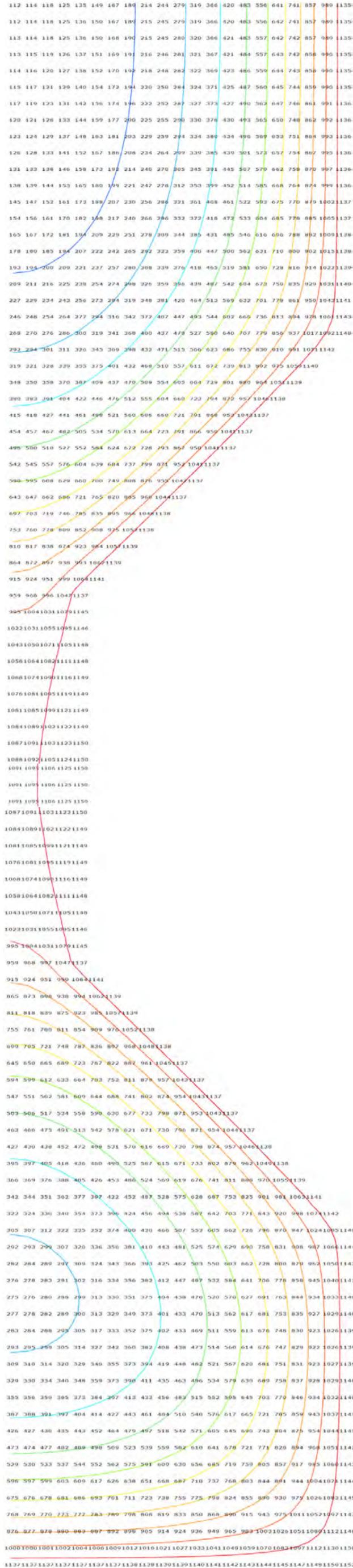


Section 02

120 minutes



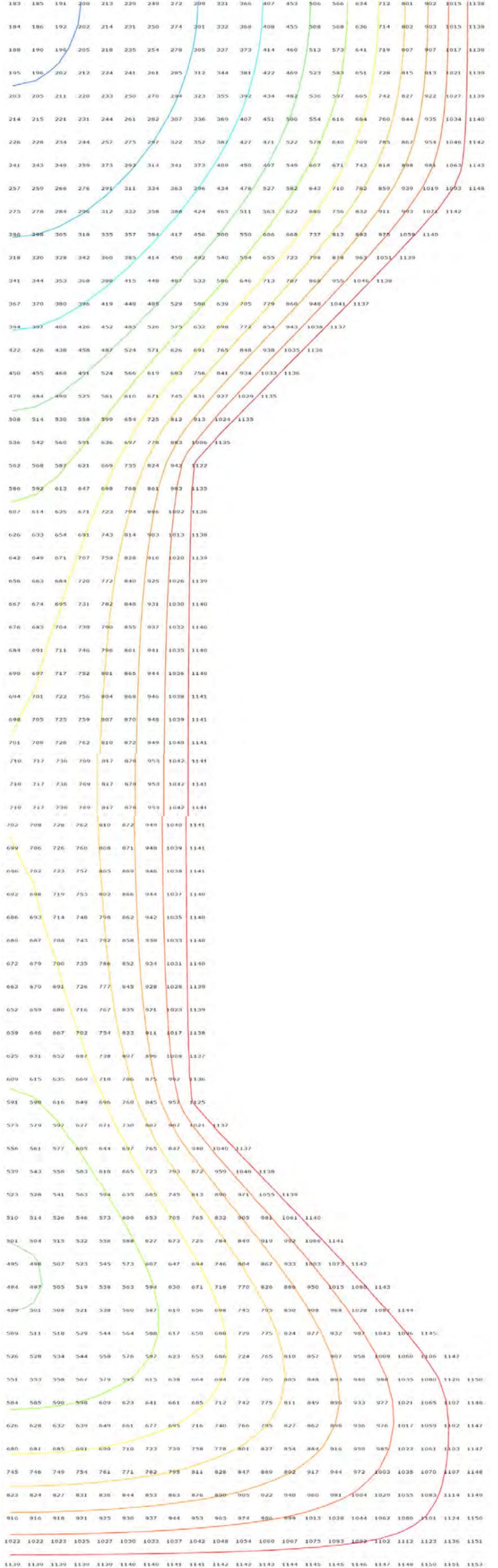
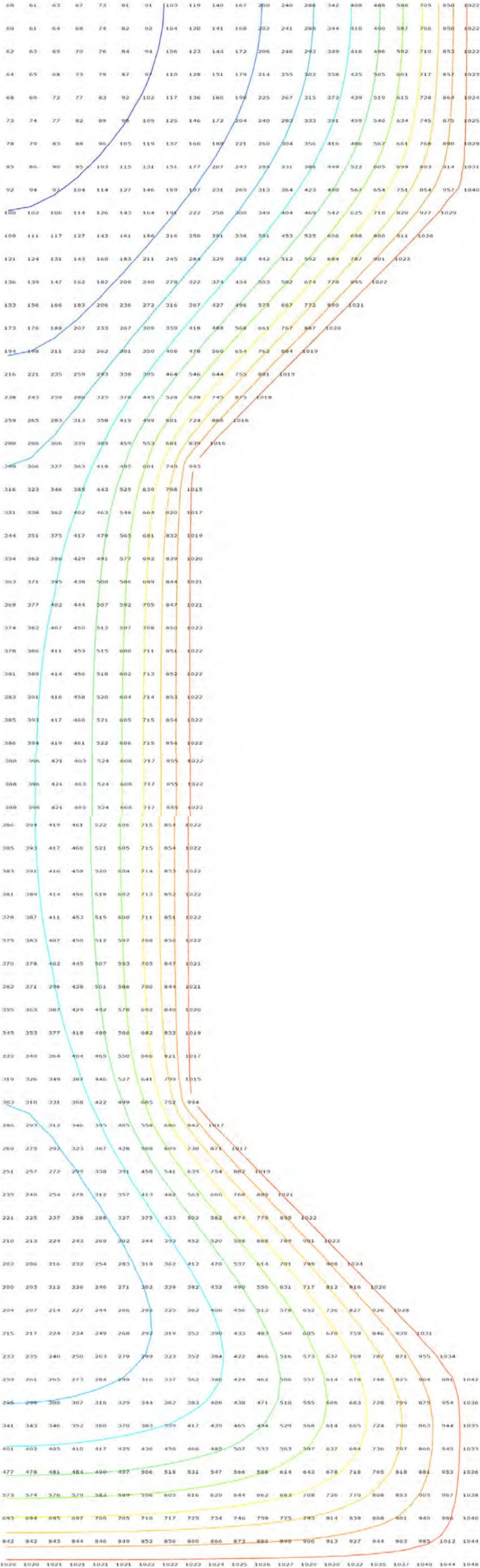
240 minutes



Section 03

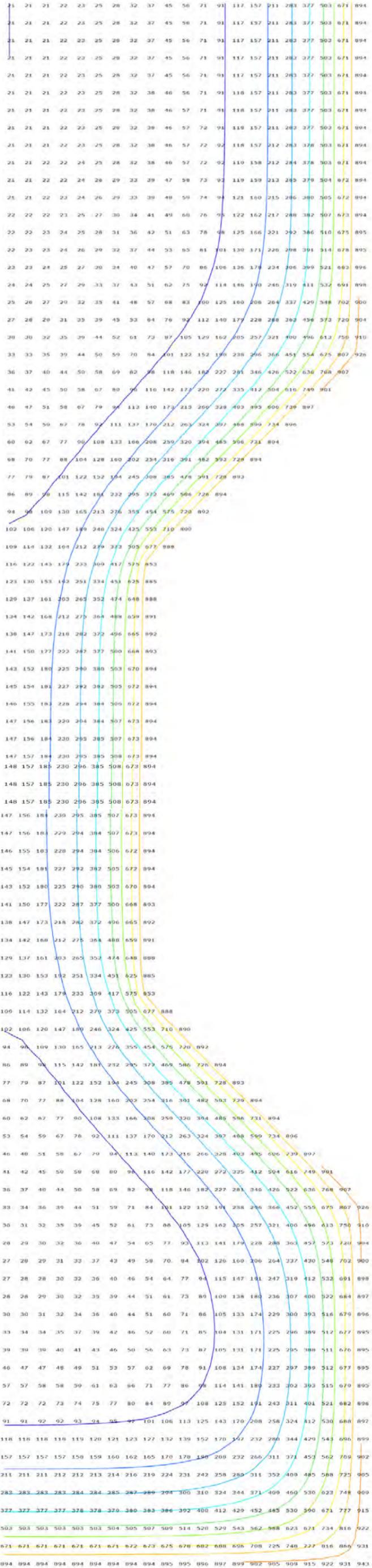
120 minutes

240 minutes

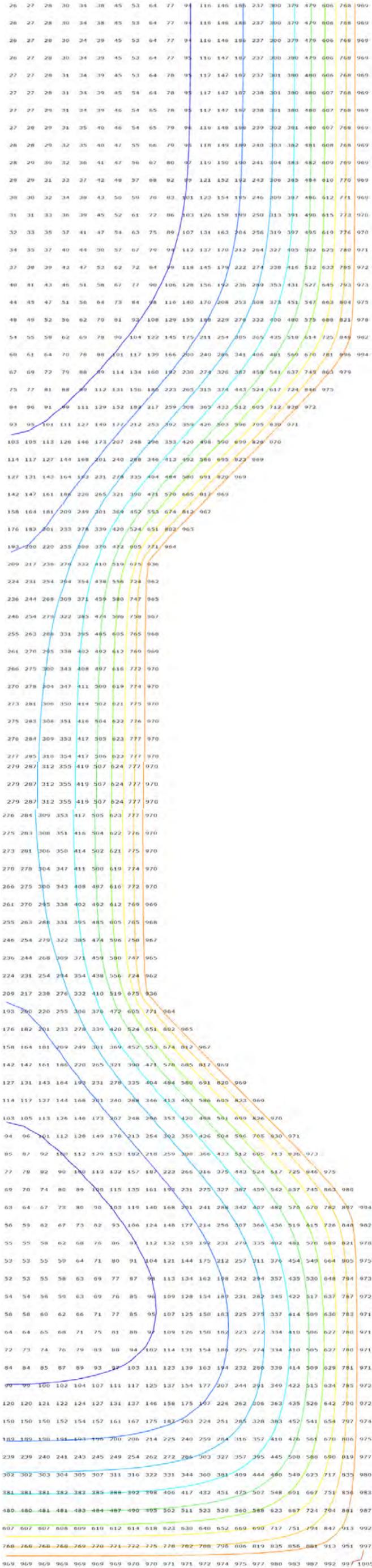


Section 04

60 minutes

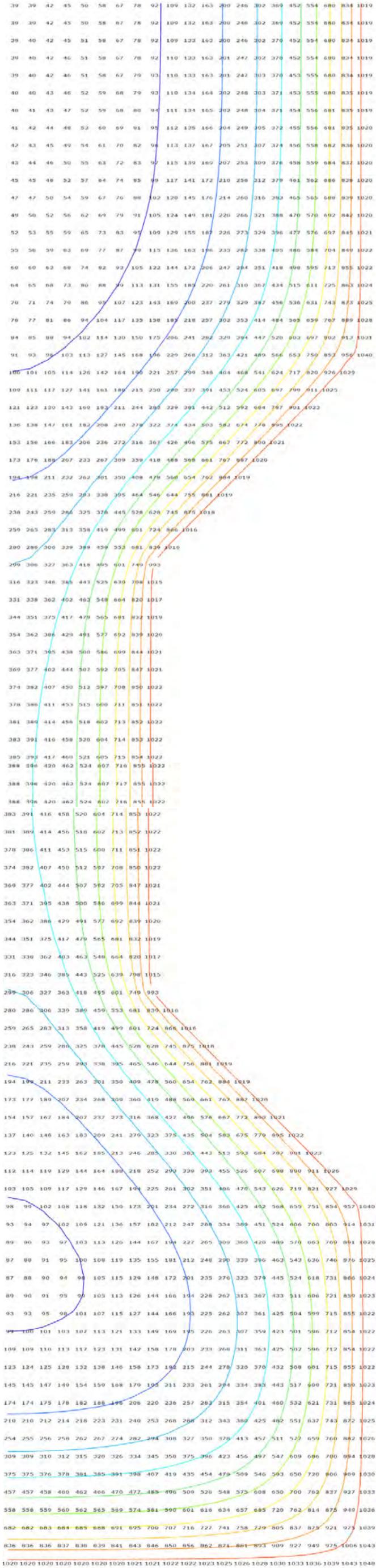


90 minutes

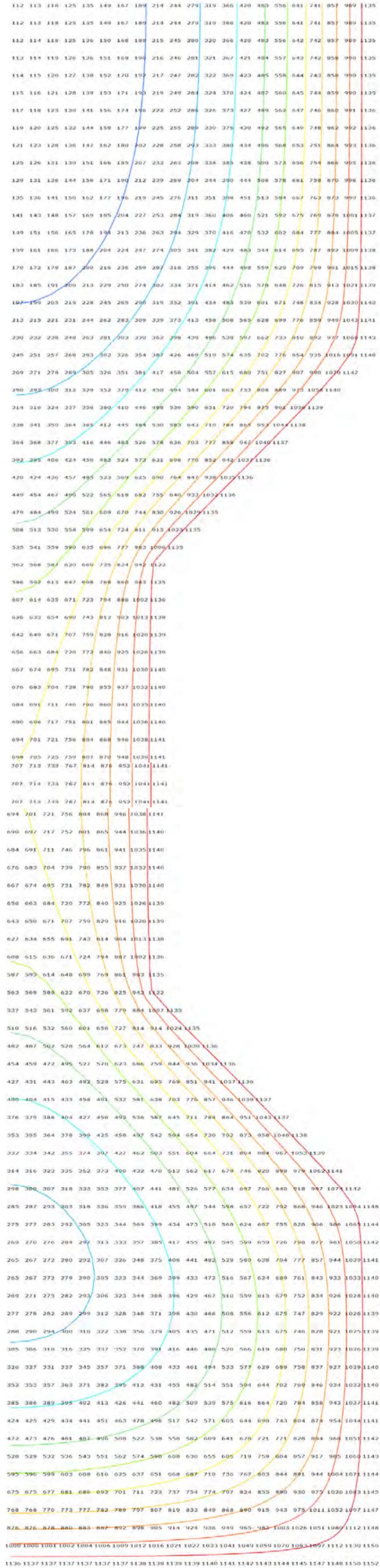


Section 04

120 minutes

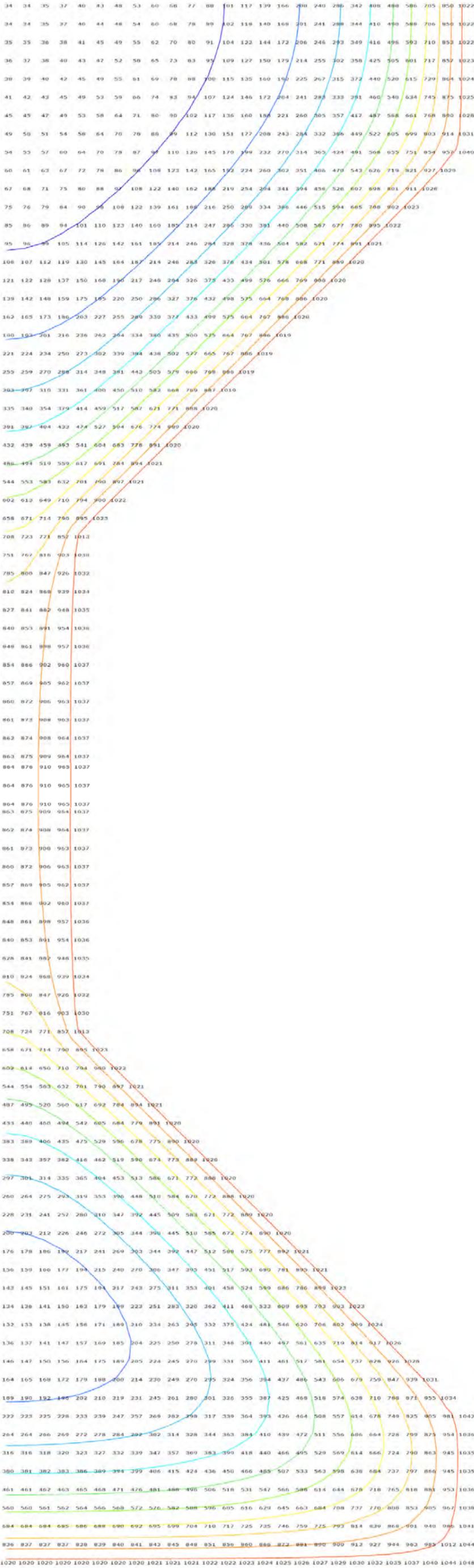


240 minutes



Section 05

120 minutes

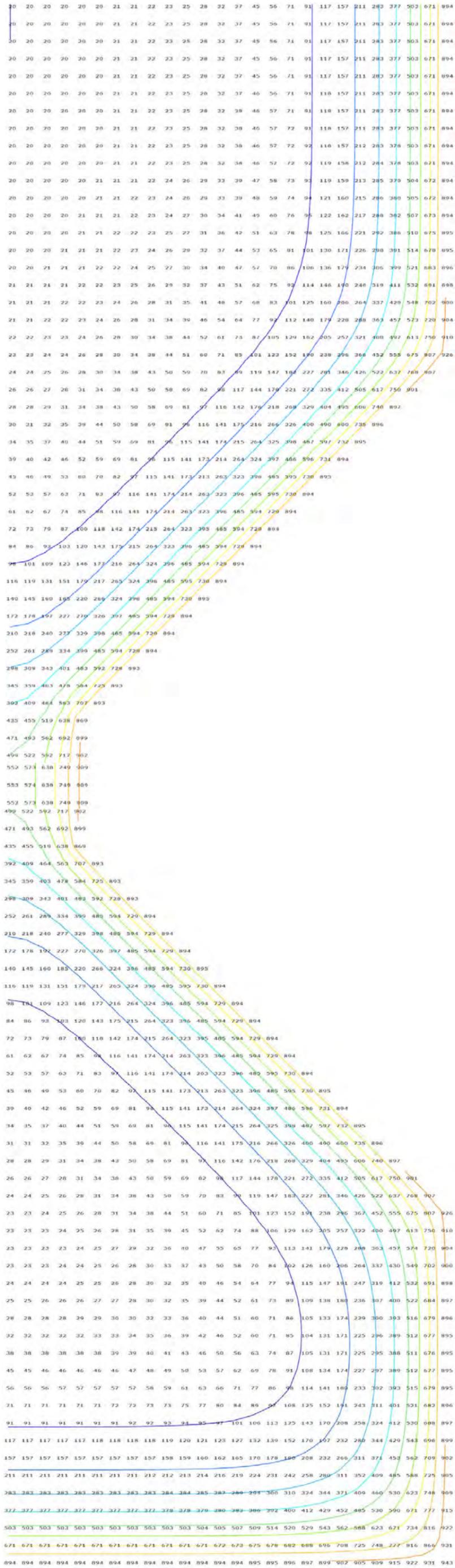


240 minutes

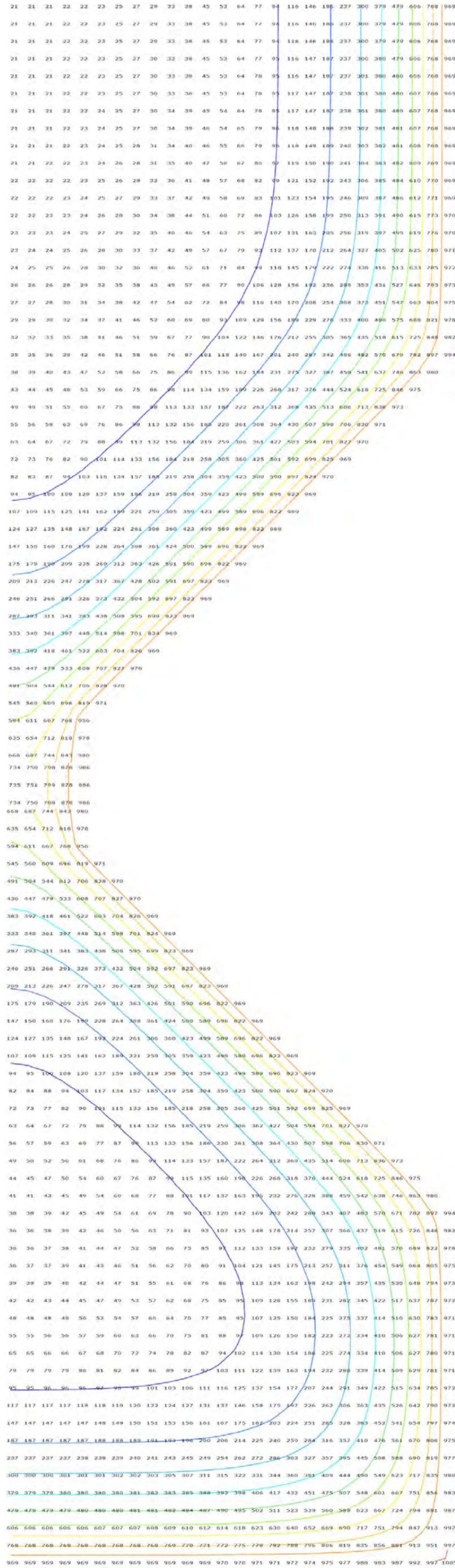


Section 06

60 minutes

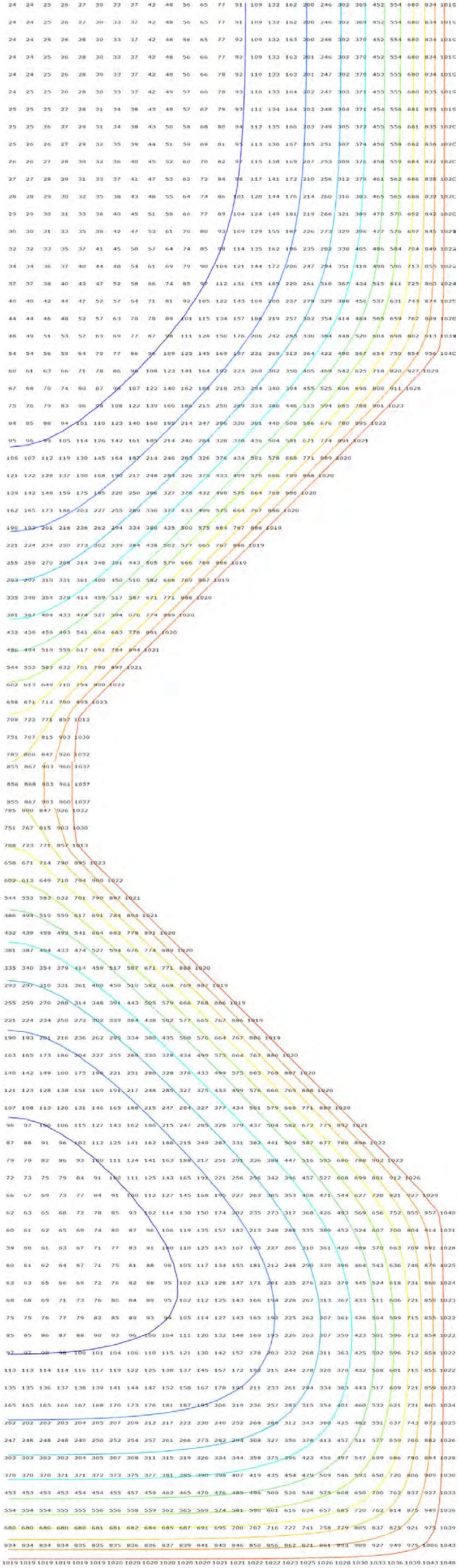


90 minutes

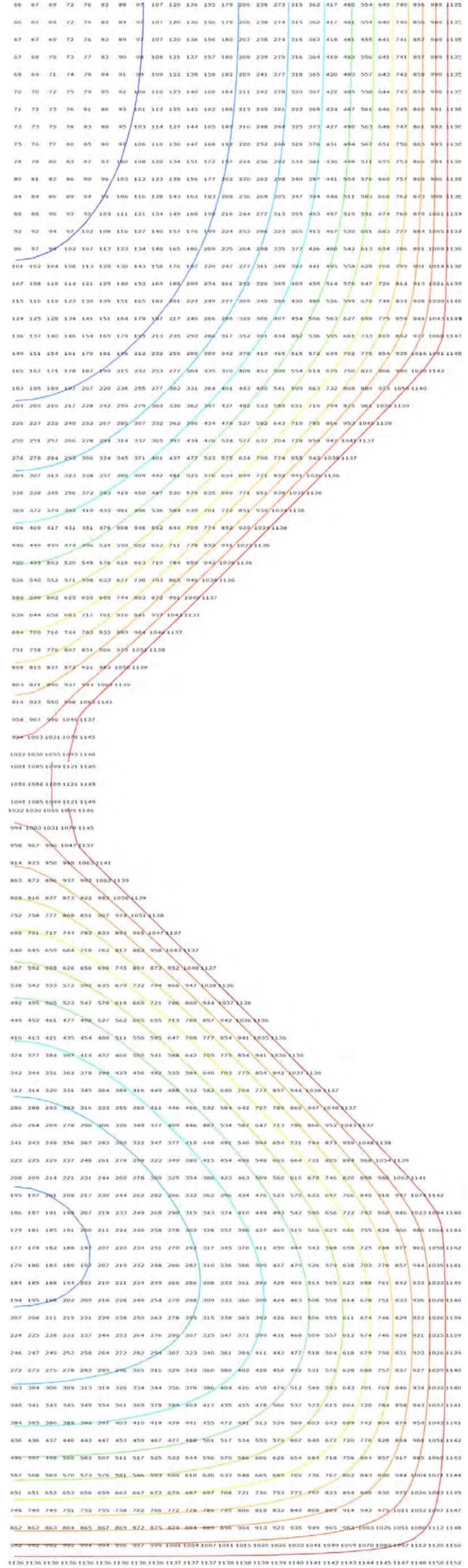


Section 06

120 minutes



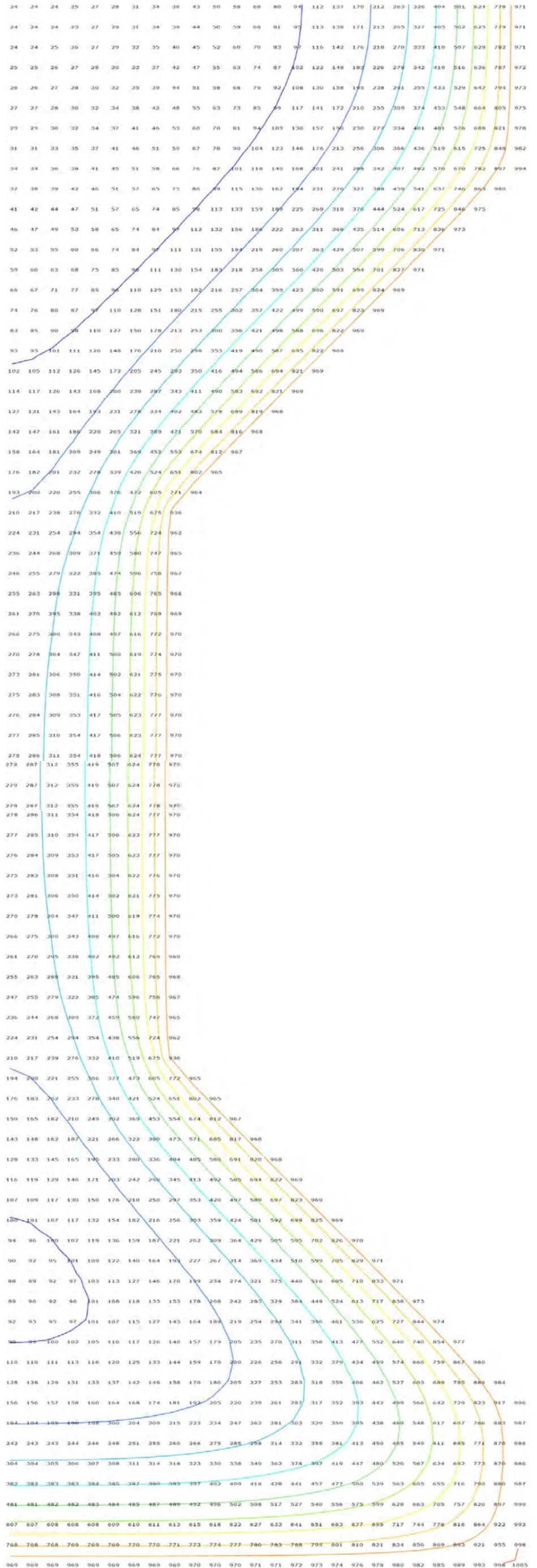
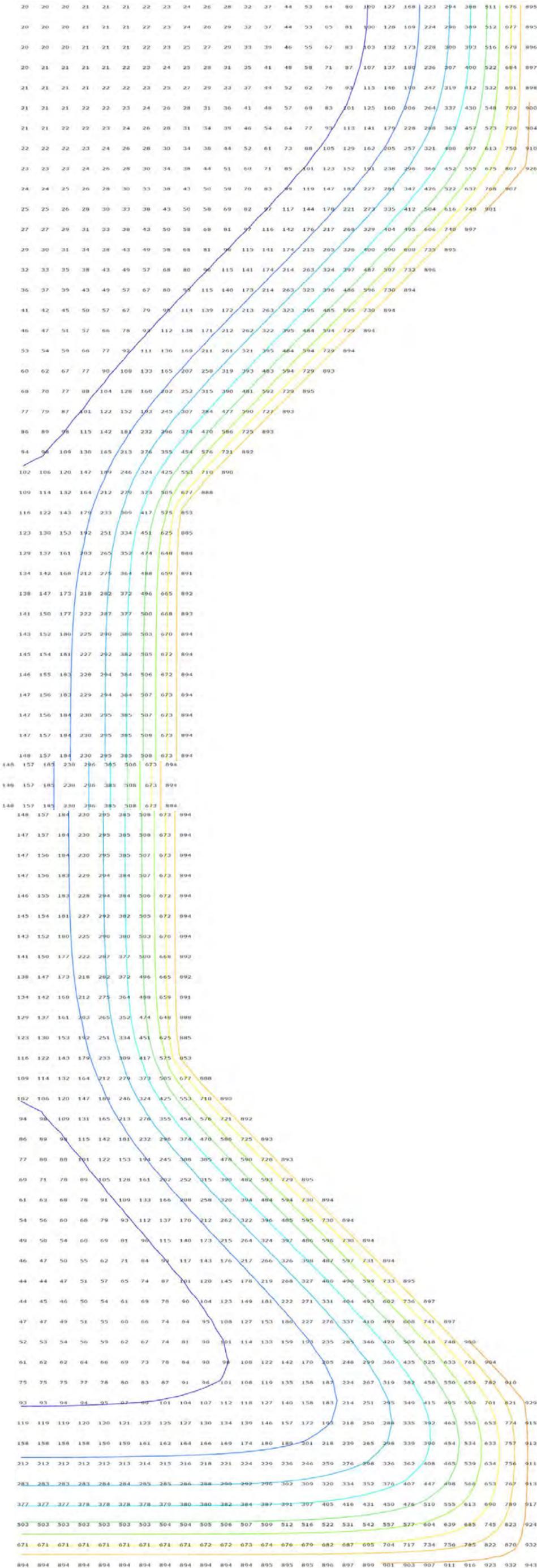
240 minutes



Section 07

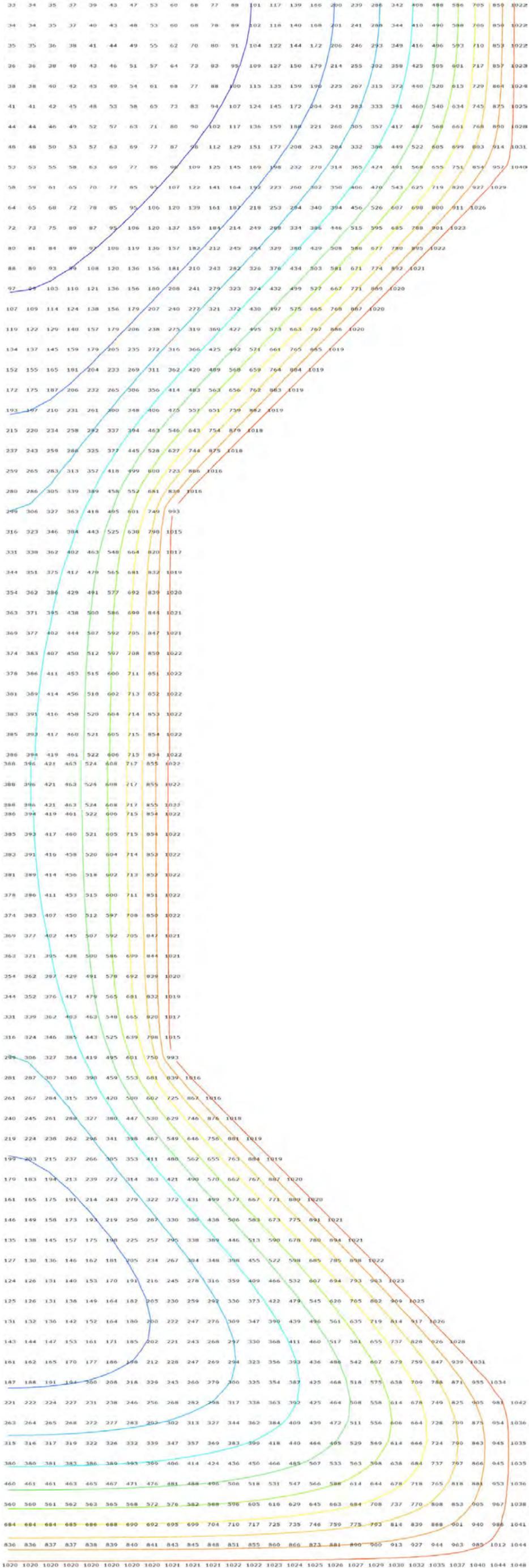
60 minutes

90 minutes

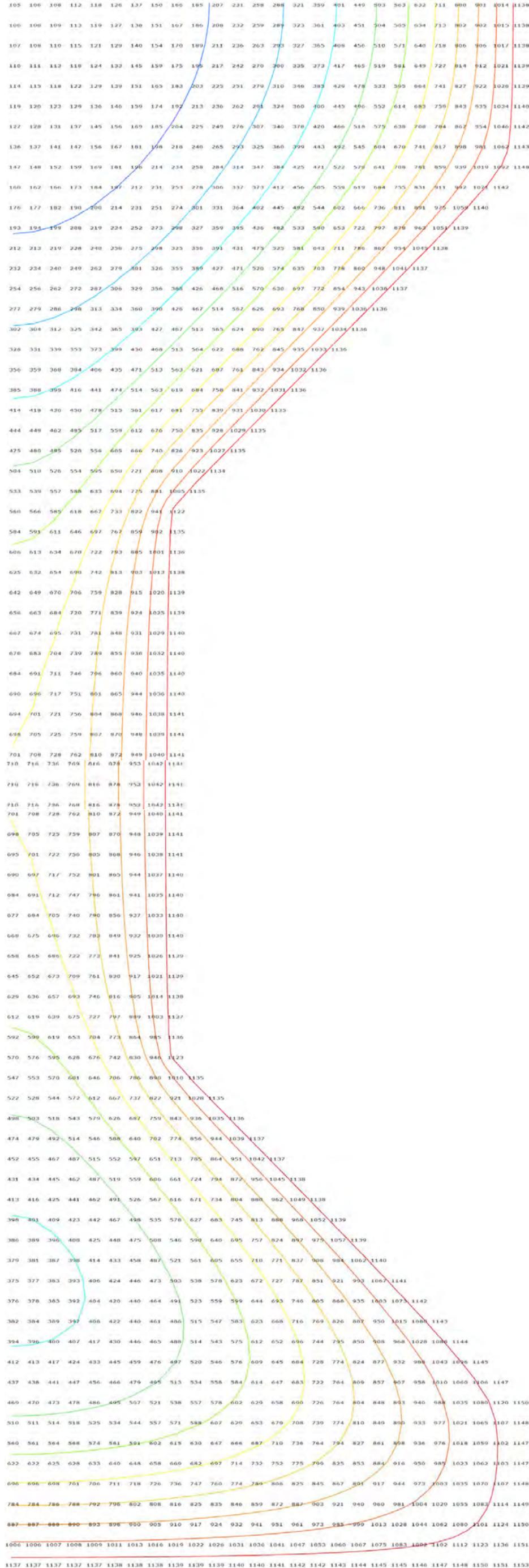


Section 07

120 minutes

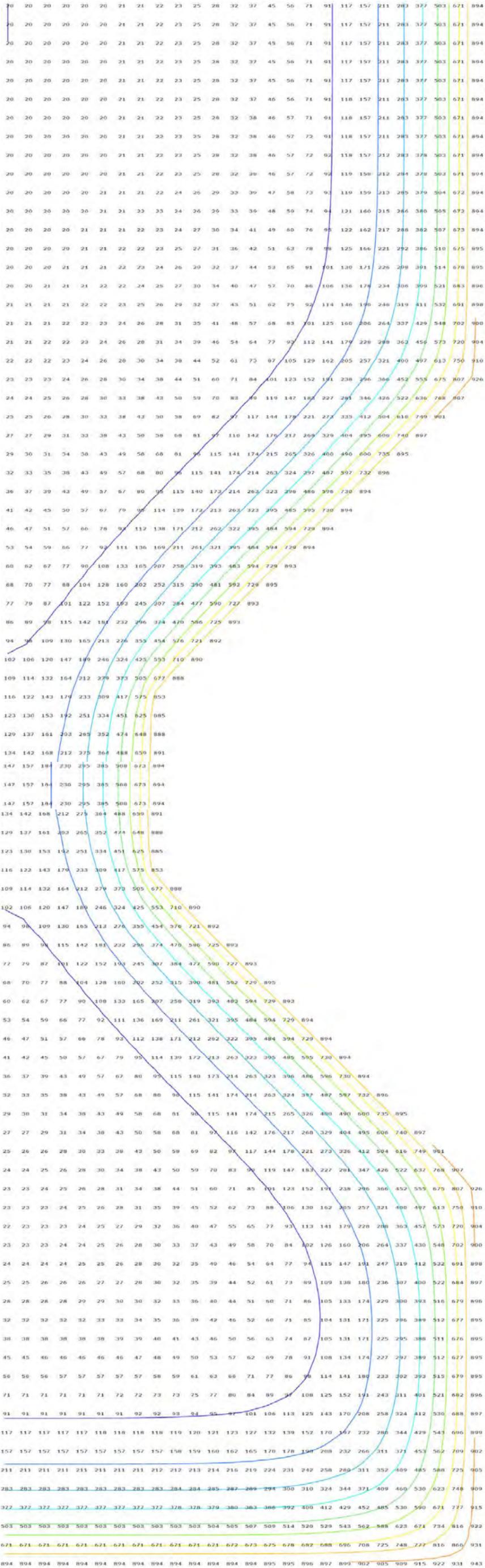


240 minutes

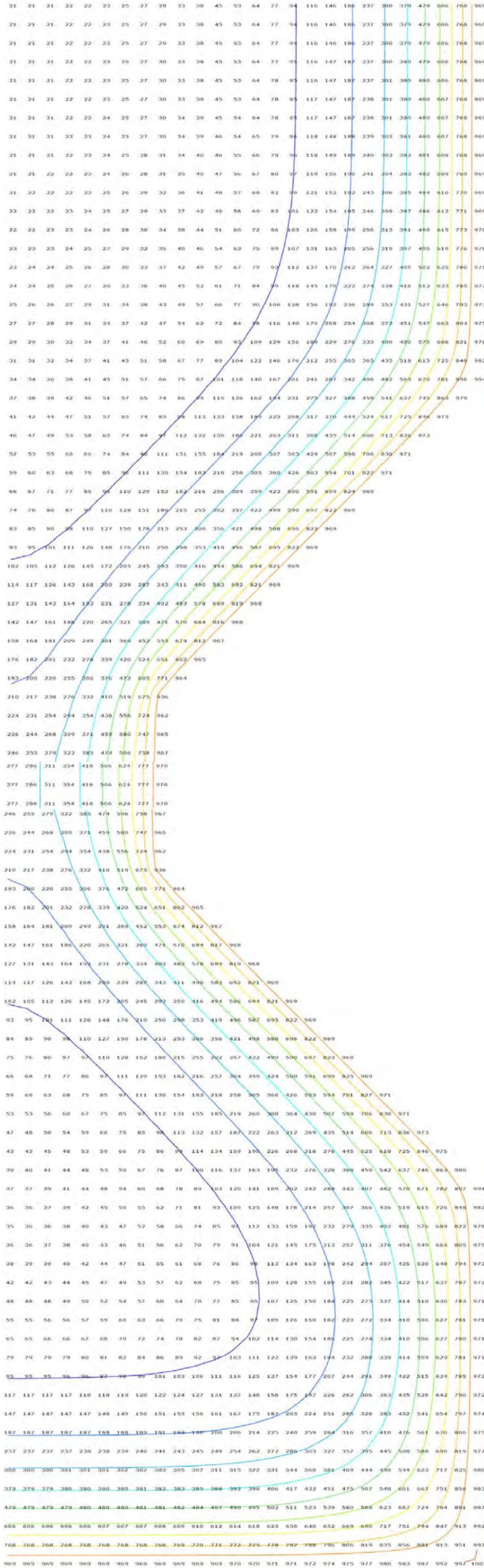


Section 08

60 minutes

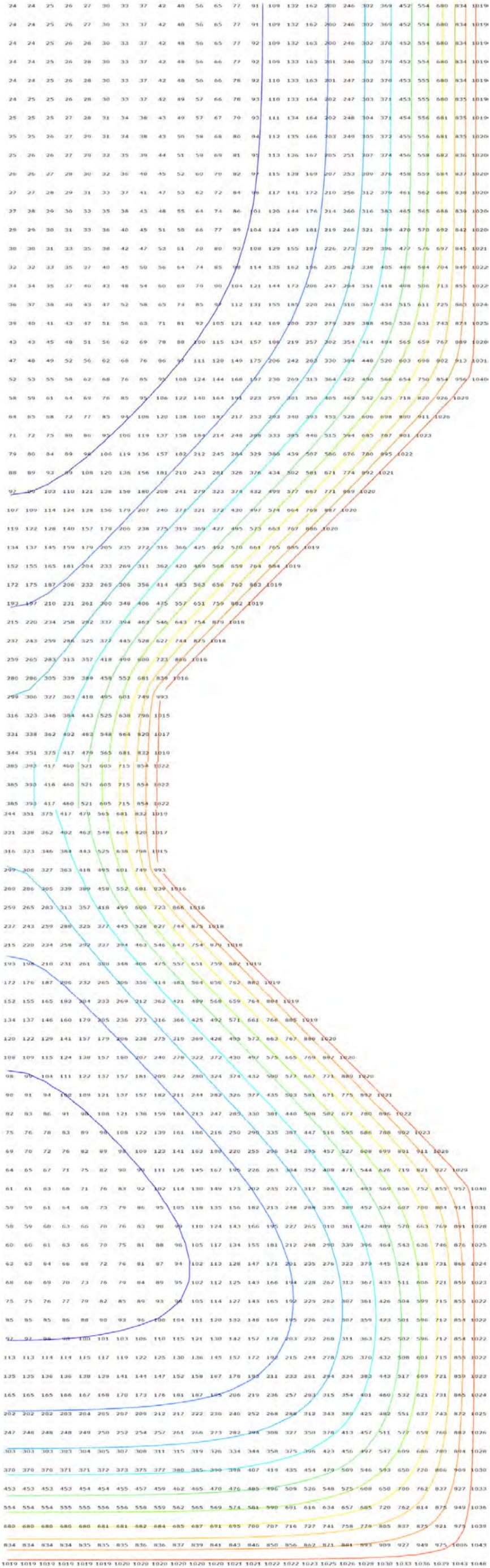


90 minutes

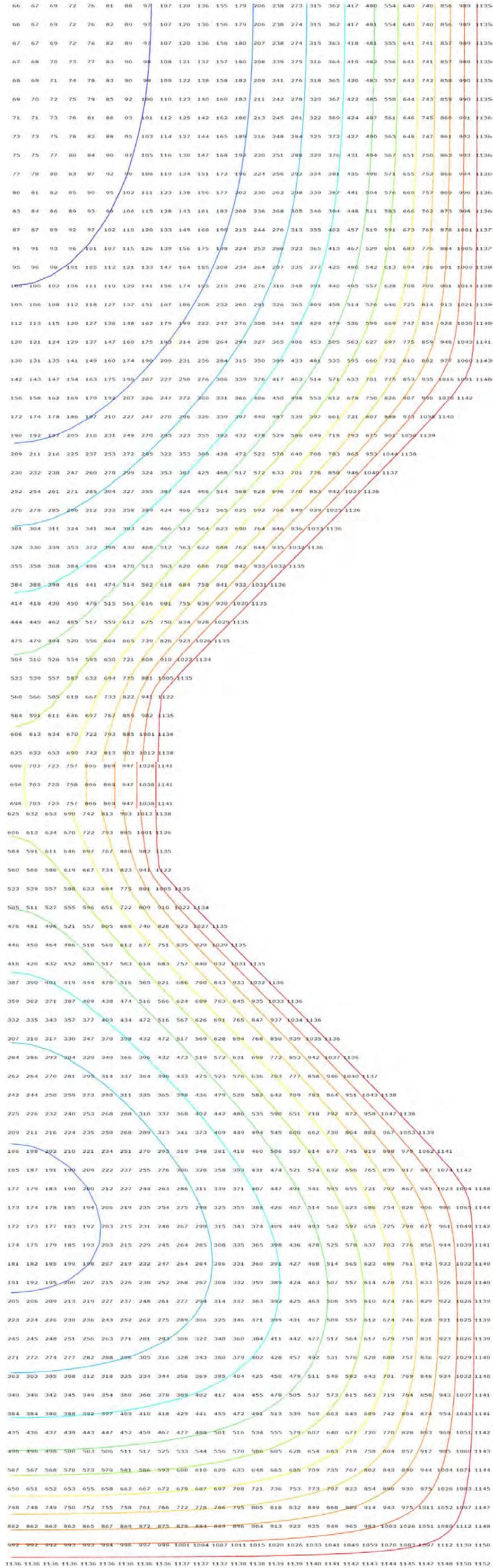


Section 08

120 minutes

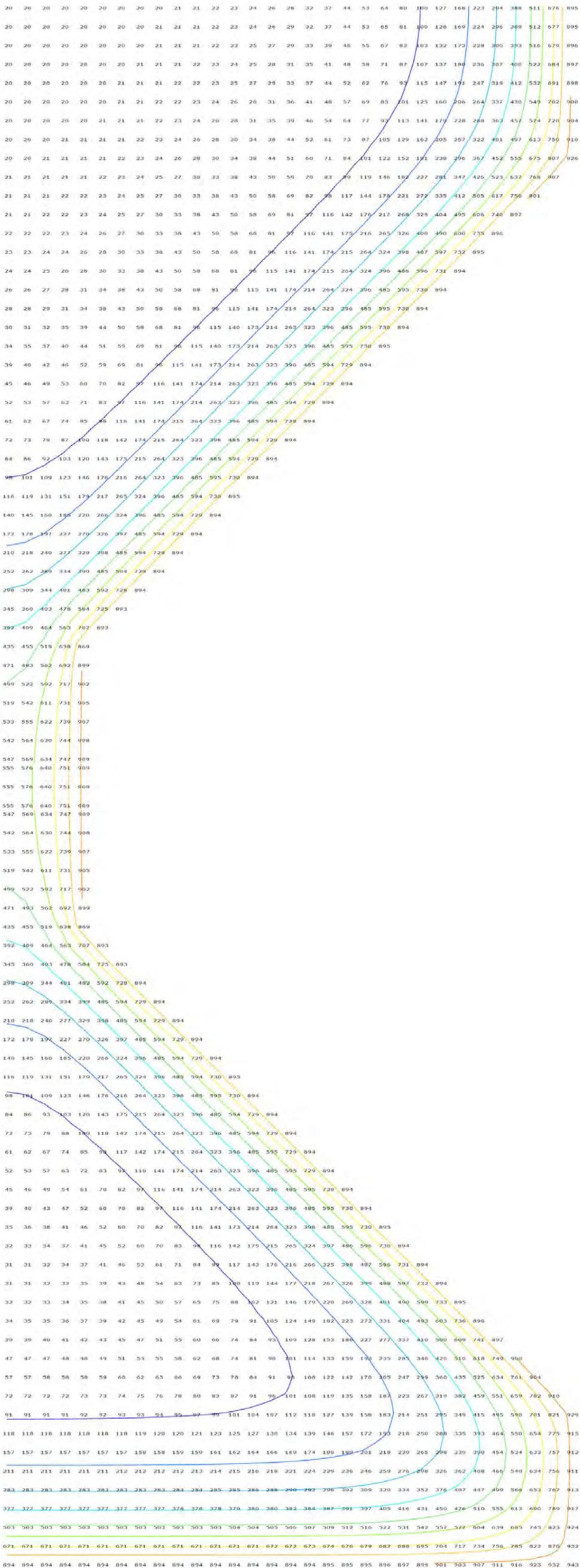


240 minutes

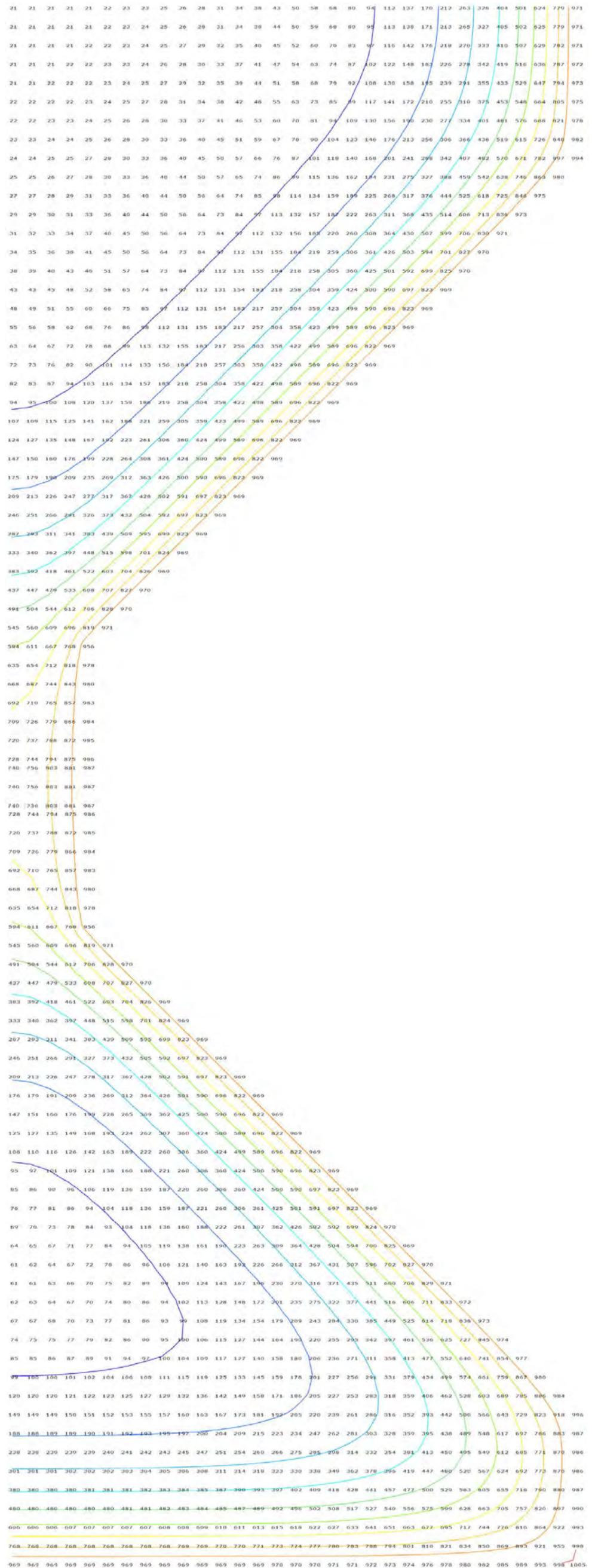


Section 09

60 minutes

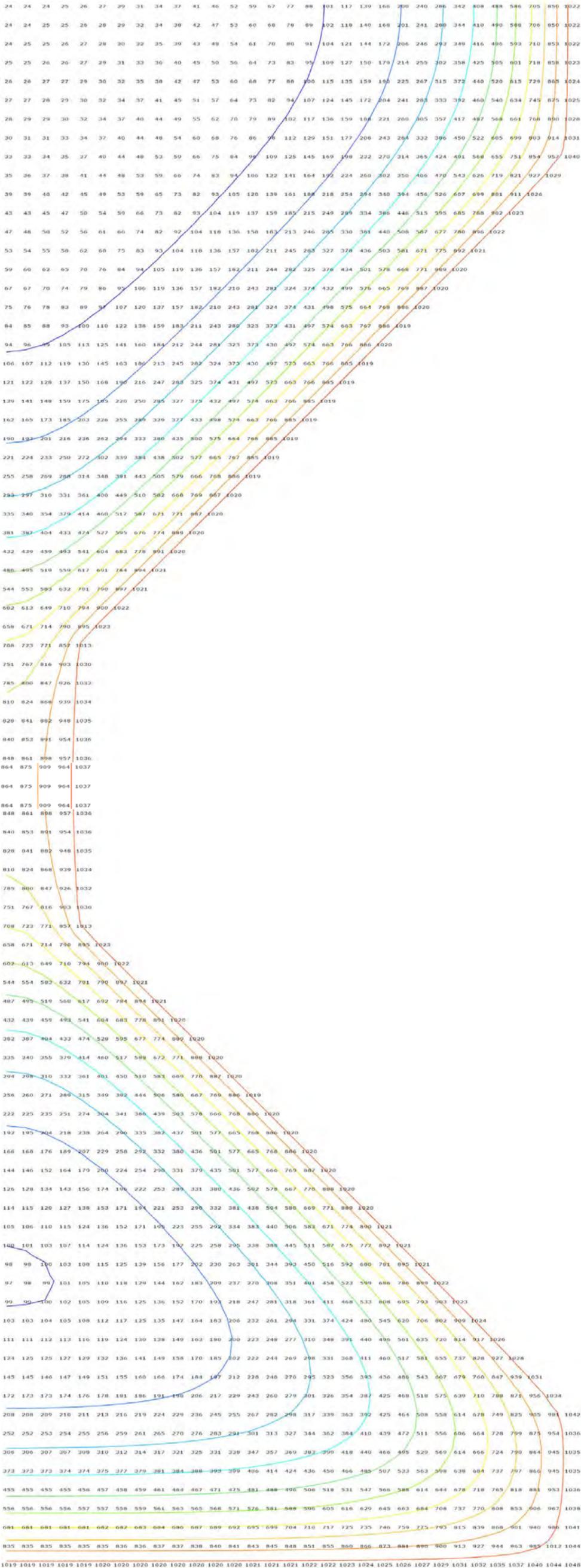


90 minutes

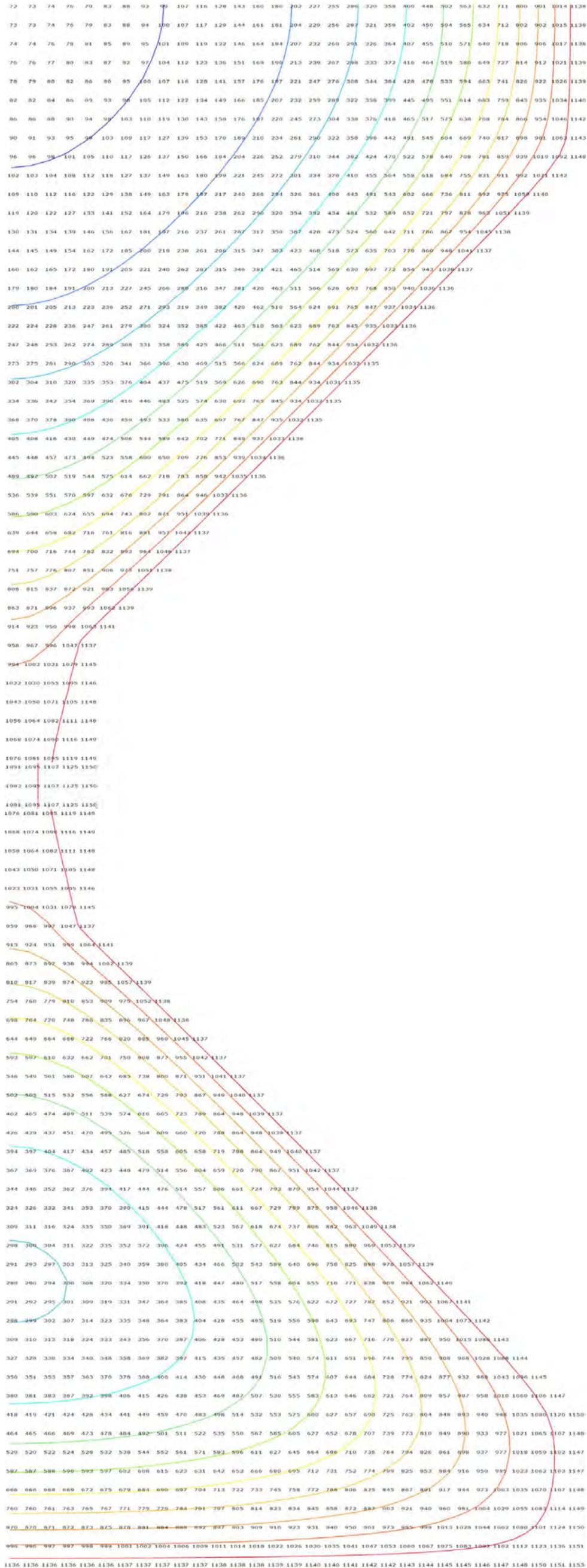


Section 09

120 minutes

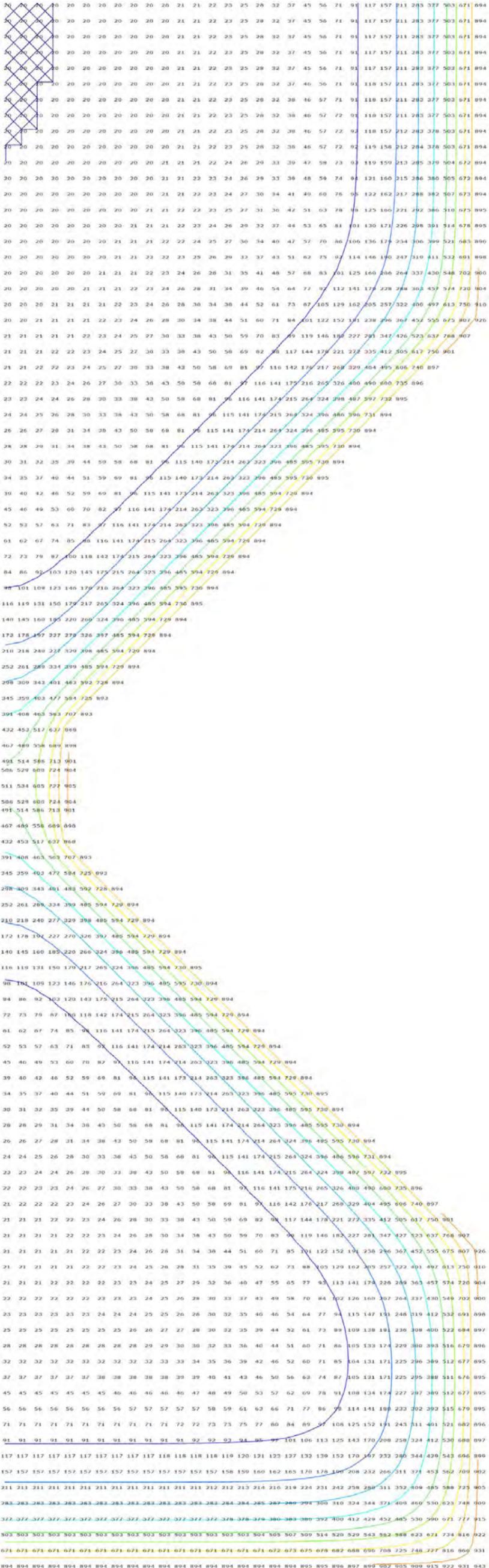


240 minutes

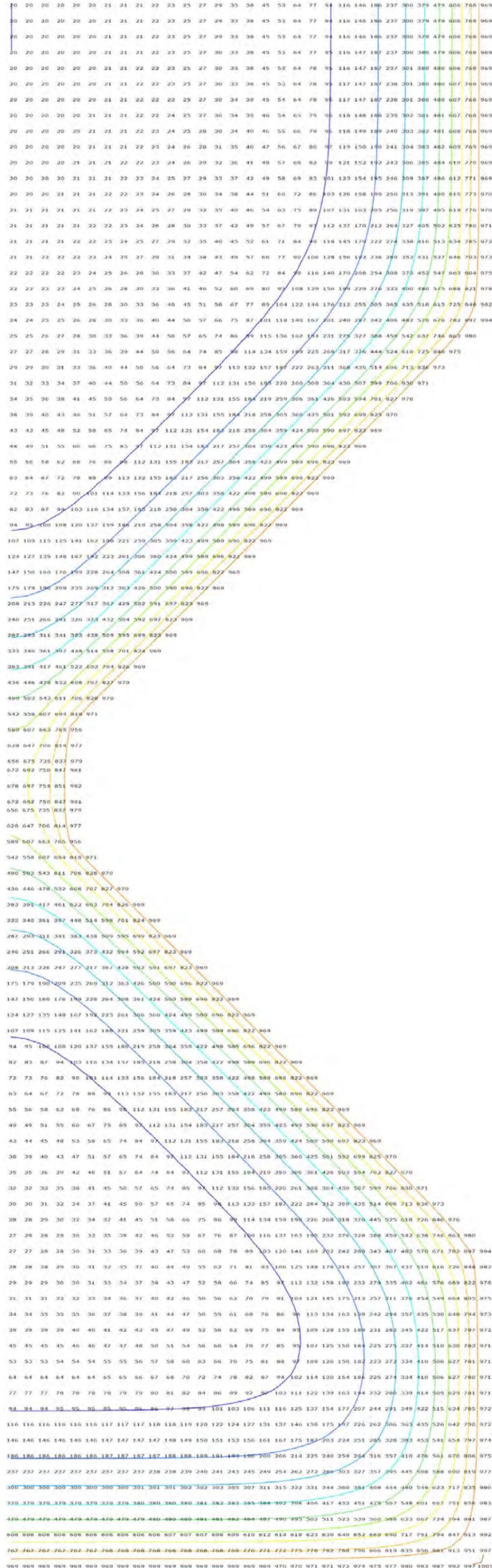


Section 10

60 minutes



90 minutes



Section 10

120 minutes

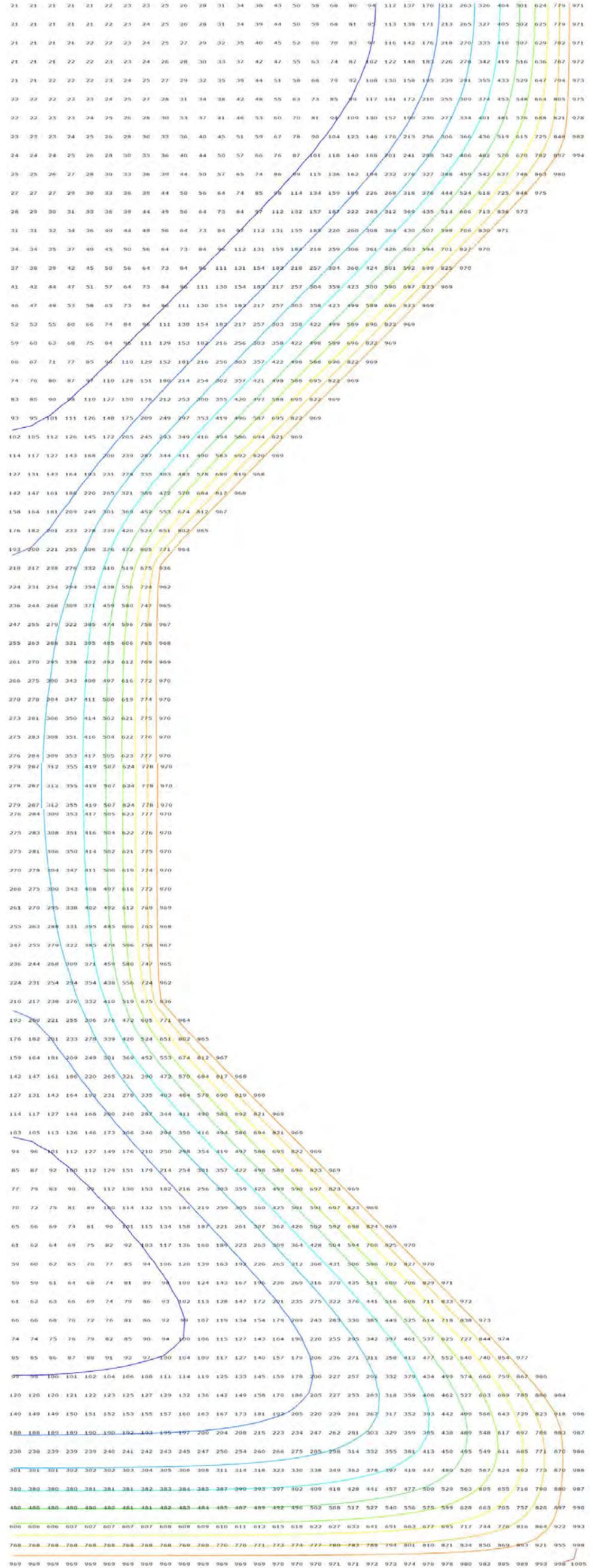
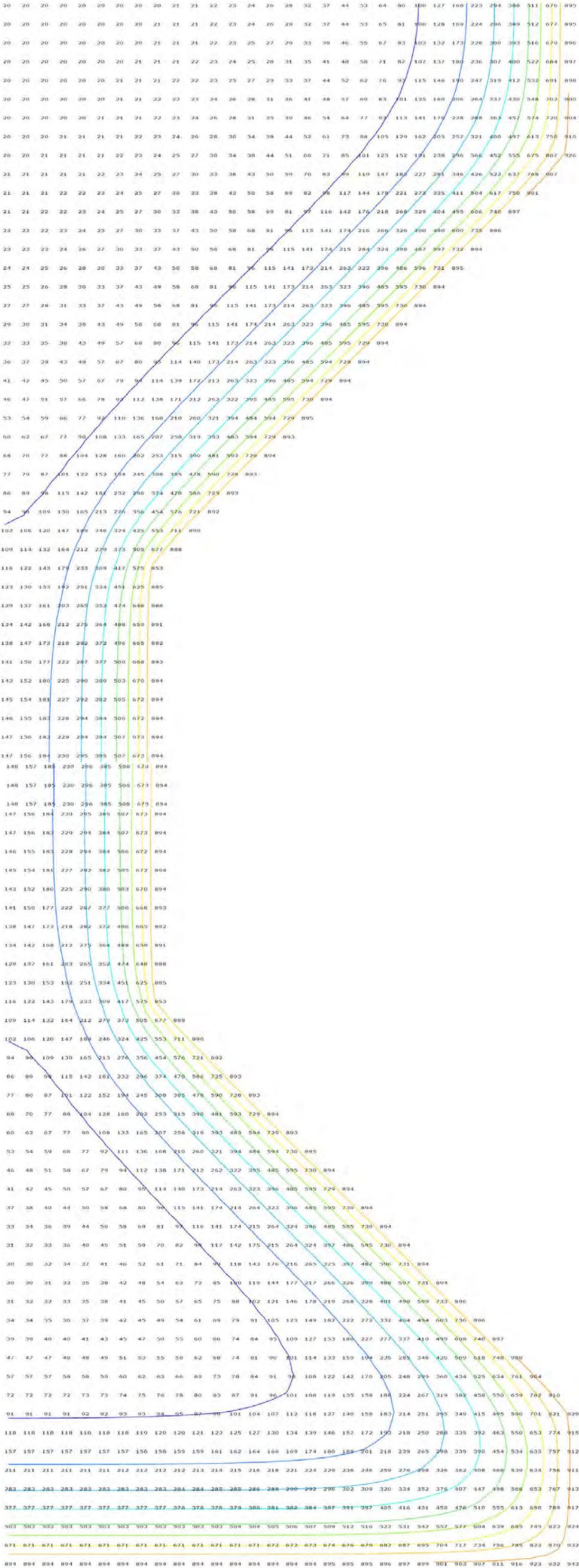
240 minutes

21 21 21 21 21 22 23 24 25 27 29 32 30 41 40 50 65 77 91 | 109 132 162 200 246 302 369 452 554 680 834 1019
21 21 21 21 21 22 23 24 25 27 29 32 30 41 48 56 65 77 91 | 109 132 162 200 246 302 369 452 554 680 834 1019
21 21 21 21 21 22 23 24 25 27 29 32 30 41 48 56 65 77 92 | 109 132 163 201 247 303 370 455 554 680 834 1019
21 21 21 21 22 22 23 24 25 27 30 32 37 42 48 56 66 77 92 | 109 133 163 201 247 303 370 455 554 680 834 1019
21 21 21 21 22 22 23 24 25 27 30 32 37 42 48 56 66 78 92 | 110 133 163 201 247 303 370 455 555 680 834 1019
21 21 21 21 22 22 23 24 26 27 30 33 37 42 49 57 66 78 92 | 110 133 164 202 247 303 371 455 555 680 835 1019
21 21 21 21 22 22 23 24 26 28 30 32 38 43 49 57 67 79 93 | 111 134 164 202 248 304 371 455 556 681 835 1019
21 21 21 21 22 23 23 25 26 28 31 34 38 43 50 58 68 80 94 | 112 135 166 203 249 305 372 455 556 682 835 1020
21 21 21 22 22 23 24 25 26 29 31 35 39 44 51 59 69 81 97 | 113 136 167 205 251 307 374 456 556 682 836 1020
21 21 22 22 23 24 25 27 29 32 35 40 45 52 60 70 82 97 | 115 138 169 207 253 309 376 456 559 684 837 1020
22 22 22 22 23 23 25 26 28 30 33 36 41 46 53 62 72 84 98 | 117 141 171 210 256 312 379 461 562 686 838 1020
22 22 22 23 23 24 25 27 28 31 34 38 42 48 55 64 74 86 101 | 120 144 176 214 260 316 383 465 565 688 840 1020
22 22 23 23 24 25 26 27 30 32 35 39 44 50 57 66 77 89 104 | 124 149 181 219 266 321 389 470 570 692 842 1020
23 23 23 24 24 25 27 29 31 34 37 41 47 53 60 69 80 93 108 | 129 155 187 226 273 329 396 477 576 697 845 1021
23 24 24 24 25 27 28 30 32 35 39 44 49 56 64 73 85 98 114 | 135 162 196 235 282 338 405 486 584 704 849 1022
24 24 25 25 26 28 30 32 34 38 42 47 53 60 68 78 90 104 | 142 172 206 245 294 351 418 498 596 713 855 1022
25 25 26 27 28 29 31 34 37 41 47 53 60 69 80 93 108 | 149 180 220 261 310 367 435 515 611 726 863 1022
27 27 27 28 30 31 34 36 40 44 49 55 62 71 80 92 105 | 151 184 220 270 319 376 444 524 620 735 871 1022
28 28 29 30 32 34 36 39 43 48 54 60 68 77 88 100 | 155 188 230 281 330 387 455 535 631 746 882 1022
30 30 31 32 34 36 39 43 48 53 59 67 75 85 97 111 | 164 197 240 291 340 397 465 545 641 756 892 1022
31 31 32 33 37 40 43 47 53 59 66 74 84 97 108 | 174 204 248 299 348 406 474 554 650 761 897 1022
35 36 37 38 41 44 48 53 58 65 73 83 94 106 | 171 141 164 171 223 258 301 350 405 469 542 625 718 820 922 1023
39 39 40 42 45 49 53 59 65 72 82 93 105 | 120 138 161 188 218 253 293 340 395 452 526 607 690 800 911 1026
43 43 44 47 50 54 59 66 73 82 92 104 | 119 137 159 189 215 249 288 334 386 446 515 594 685 788 892 1023
47 46 49 52 56 60 66 74 82 92 104 | 118 136 156 186 212 246 285 331 383 443 512 591 682 785 889 1022
53 54 55 58 62 66 73 83 93 104 | 118 136 156 186 212 246 285 331 383 443 512 591 682 785 889 1022
59 60 62 65 70 76 84 94 105 | 118 136 156 186 212 246 285 331 383 443 512 591 682 785 889 1020
67 67 70 74 79 86 95 106 | 119 136 156 186 212 246 285 331 383 443 512 591 682 785 889 1020
75 76 78 83 89 97 107 | 120 137 157 187 210 243 281 324 374 432 499 576 665 769 867 1020
84 85 88 93 100 | 119 136 156 186 212 246 285 331 383 443 512 591 682 785 889 1019
94 95 105 110 112 125 141 160 189 212 244 284 323 373 430 497 574 663 766 866 1020
106 107 112 110 130 144 163 188 213 245 280 324 373 430 497 574 663 766 866 1019
121 122 128 137 150 168 190 216 247 283 325 374 431 497 575 663 766 866 1019
139 141 148 159 175 195 220 250 285 327 375 432 497 574 663 766 866 1019
162 165 173 185 203 226 255 289 329 377 433 498 574 663 766 866 1019
190 194 201 216 236 262 294 333 380 435 500 575 664 766 866 1019
220 224 233 250 272 302 339 384 438 502 577 665 767 867 1019
255 258 269 286 314 348 381 443 505 579 666 768 866 1019
289 297 316 331 360 400 449 510 582 668 769 867 1020
335 340 354 379 414 459 517 567 671 771 867 1020
381 387 404 433 473 527 594 676 774 869 1020
431 438 458 493 541 604 683 778 869 1020
485 494 518 559 616 691 783 863 1021
542 552 583 631 700 789 867 1021
599 611 647 708 793 867 1022
654 668 711 788 864 1023
702 718 768 853 1012
741 758 808 898 1020
789 786 835 919 1031
786 802 850 928 1032
792 807 854 931 1033
786 802 850 928 1032
789 786 835 919 1031
741 758 808 898 1020
792 718 768 853 1012
654 668 711 788 864 1023
599 611 647 708 793 867 1022
542 552 582 631 700 789 867 1021
485 498 518 559 616 691 782 863 1021
421 438 458 492 541 604 682 774 861 1020
381 387 406 433 473 527 594 676 774 867 1020
325 334 354 379 414 459 517 567 671 771 867 1020
289 297 316 331 360 400 449 510 582 668 769 867 1020
255 258 269 286 314 348 381 443 505 579 666 768 866 1019
220 224 233 250 272 302 339 384 438 502 577 665 767 865 1019
190 193 204 216 236 262 294 333 380 435 500 575 664 766 866 1019
162 165 173 185 203 226 255 289 329 377 433 498 574 663 766 866 1019
139 141 148 159 175 195 220 250 285 327 375 432 497 574 663 766 866 1019
121 122 128 137 150 168 190 216 247 283 325 374 431 497 575 663 766 866 1019
106 107 112 110 130 144 163 188 213 245 280 324 373 430 497 574 663 766 866 1019
95 96 99 105 113 125 141 161 184 212 244 281 323 373 430 497 574 663 766 866 1020
84 85 88 93 100 110 123 139 159 182 211 243 281 324 373 431 497 574 664 767 866 1019
75 76 79 83 89 97 106 121 137 158 182 211 243 281 324 374 431 498 575 664 768 866 1020
67 68 70 74 80 87 96 106 120 137 157 182 211 244 281 325 375 432 499 576 666 769 867 1020
61 61 63 67 71 76 85 95 106 119 137 158 182 211 244 282 326 376 434 501 578 668 771 869 1020
55 55 57 60 64 70 76 84 94 105 120 137 158 182 212 246 284 328 378 432 502 578 672 775 869 1021
50 50 52 55 58 63 69 76 84 94 106 120 138 159 185 214 248 286 331 384 441 509 587 677 780 866 1022
46 47 48 50 52 57 63 69 76 85 95 107 121 139 161 187 217 251 290 335 387 447 516 595 686 786 902 1023
44 44 45 47 50 53 58 63 70 77 86 96 108 123 141 164 188 220 256 296 342 385 457 527 608 698 801 912 1026
42 42 43 45 47 50 54 59 65 71 79 88 98 110 126 145 168 195 226 263 304 352 408 471 544 627 720 821 927 1029
41 42 43 44 46 49 52 56 61 67 74 82 91 101 114 129 149 175 202 235 273 317 364 426 483 568 656 752 855 957 1040
42 42 43 44 46 48 51 55 59 64 70 77 85 94 105 118 135 156 182 213 248 288 335 389 452 524 607 700 804 914 1031
44 44 45 46 47 49 52 55 59 63 68 74 82 90 99 110 124 143 166 194 227 265 310 361 420 480 565 663 769 881 1026
47 48 48 49 50 52 54 57 60 64 68 74 80 87 95 105 117 134 155 181 212 248 293 339 396 464 543 636 744 856 1025
52 53 53 54 55 56 58 60 63 66 70 75 80 87 94 102 113 128 147 171 201 235 276 323 379 445 524 616 731 846 1024
59 59 60 60 61 62 64 66 68 71 74 78 83 89 95 102 112 125 143 166 194 228 267 313 367 433 511 606 721 836 1023
68 68 68 69 69 70 72 73 75 78 81 84 88 93 99 105 114 126 143 165 192 225 262 307 361 426 504 599 715 835 1022
79 79 79 80 81 82 83 85 87 89 92 96 99 104 111 120 132 148 169 195 226 263 307 359 423 501 596 712 834 1022
93 93 93 94 94 95 96 97 97 101 103 106 110 114 121 130 142 157 178 203 232 278 311 363 425 502 595 712 834 1022
110 110 110 110 111 112 112 114 115 117 119 122 125 130 136 145 157 177 195 215 244 278 320 370 432 508 601 715 835 1022
130 133 133 133 134 134 135 136 137 139 141 143 147 152 156 167 178 190 211 233 261 294 334 383 442 517 609 721 839 1023
163 163 163 163 163 164 164 165 166 168 170 172 176 181 187 195 206 219 236 257 283 315 354 401 460 532 621 731 845 1024
200 200 200 200 201 201 201 202 203 204 205 207 209 217 222 230 240 252 268 298 312 343 388 425 482 551 637 743 852 1025
246 246 246 246 247 247 247 248 249 250 252 254 257 261 266 273 282 288 298 307 316 325 334 343 352 361 370 379 387 396 405 414 423 432 441 450 459 468 477 486 495 504 513 522 531 540 549 558 567 576 585 594 603 612 621 630 639 648 657 666 675 684 693 702 711 720 729 738 747 756 765 774 783 792 801 810 819 828 837 846 855 864 873 883 892 901 910 919 928 937 946 955 964 973 982 991 1000 1009 1018 1027 1036 1045 1054 1063 1072 1081 1090 1100 1109 1118 1127 1136 1145 1154 1163 1172 1181 1190 1200 1209 1218 1227 1236 1245 1254 1263 1272 1281 1290 1300 1309 1318 1327 1336 1345 1354 1363 1372 1381 1390 1400 1409 1418 1427 1436 1445 1454 1463 1472 1481 1490 1500 1509 1518 1527 1536 1545 1554 1563 1572 1581 1590 1600 1609 1618 1627 1636 1645 1654 1663 1672 1681 1690 1700 1709 1718 1727 1736 1745 1754 1763 1772 1781 1790 1800 1809 1818 1827 1836 1845 1854 1863 1872 1881 1890 1900 1909 1918 1927 1936 1945 1954 1963 1972 1981 1990 2000 2009 2018 2027 2036 2045 2054 2063 2072 2081 2090 2100 2109 2118 2127 2136 2145 2154 2163 2172 2181 2190 2200 2209 2218 2227 2236 2245 2254 2263 2272 2281 2290 2300 2309 2318 2327 2336 2345 2354 2363 2372 2381 2390 2400 2409 2418 2427 2436 2445 2454 2463 2472 2481 2490 2500 2509 2518 2527 2536 2545 2554 2563 2572 2581 2590 2600 2609 2618 2627 2636 2645 2654 2663 2672 2681 2690 2700 2709 2718 2727 2736 2745 2754 2763 2772 2781 2790 2800 2809 2818 2827 2836 2845 2854 2863 2872 2881 2890 2900 2909 2918 2927 2936 2945 2954 2963 2972 2981 2990 3000 3009 3018 3027 3036 3045 3054 3063 3072 3081 3090 3100 3109 3118 3127 3136 3145 3154 3163 3172 3181 3190 3200 3209 3218 3227 3236 3245 3254 3263 3272 3281 3290 3300 3309 3318 3327 3336 3345 3354 3363 3372 3381 3390 3400 3409 3418 3427 3436 3445 3454 3463 3472 3481 3490 3500 3509 3518 3527 3536 3545 3554 3563 3572 3581 3590 3600 3609 3618 3627 3636 3645 3654 3663 3672 3681 3690 3700 3709 3718 3727 3736 3745 3754 3763 3772 3781 3790 3800 3809 3818 3827 3836 3845 3854 3863 3872 3881 3890 3900 3909 3918 3927 3936 3945 3954 3963 3972 3981 3990 4000 4009 4018 4027 4036 4045 4054 4063 4072 4081 4090 4100 4109 4118 4127 4136 4145 4154 4163 4172 4181 4190 4200 4209 4218 4227 4236 4245 4254 4263 4272 4281 4290 4300 4309 4318 4327 4336 4345 4354 4363 4372 4381 4390 4400 4409 4418 4427 4436 4445 4454 4463 4472 4481 4490 4500 4509 4518 4527 4536 4545 4554 4563 4572 4581 4590 4600 4609 4618 4627 4636 4645 4654 4663 4672 4681 4690 4700 4709 4718 4727 4736 4745 4754 4763 4772 4781 4790 4800 4809 4818 4827 4836 4845 4854 4863 4872 4881 4890 4900 4909 4918 4927 4936 4945 4954 4963 4972 4981 4990 5000 5009 5018 5027 5036 5045 5054 5063 5072 5081 5090 5100 5109 5118 5127 5136 5145 5154 5163 5172 5181 5190 5200 5209 5218 5227 5236 5245 5254 5263 5272 5281 5290 5300 5309 5318 5327 5336 5345 5354 5363 5372 5381 5390 5400 5409 5418 5427 5436 5445 5454 5463 5472 5481 5490 5500 5509 5518 5527 5536 5545 5554 5563 5572 5581 5590 5600 5609 5618 5627 5636 5645 5654 5663 5672 5681 5690 5700 5709 5718 5727 5736 5745 5754 5763 5772 5781 5790 5800 5809 5818 5827 5836 5845 5854 5863 5872 5881 5890 5900 5909 5918 5927 5936 5945 5954 5963 5972 5981 5990 6000 6009 6018 6027 6036 6045 6054 6063 6072 6081 6090 6100 6109 6118 6127 6136 6145 6154 6163 6172 6181 6190 6200 6209 6218 6227 6236 6245 6254 6263 6272 6281 6290 6300 6309 6318 6327 6336 6345 6354 6363 6372 6381 6390 6400 6409 6418 6427 6436 6445 6454 6463 6472 6481 6490 6500 6509 6518 6527 6536 6545 6554 6563 6572 6581 6590 6600 6609 6618 6627 6636 6645 6654 6663 6672 6681 6690 6700 6709 6718 6727 6736 6745 6754 6763 6772 6781 6790 6800 6809 6818 6827 6836 6845 6854 6863 6872 6881 6890 6900 6909 6918 6927 6936 6945 6954 6963 6972 6981 6990 7000 7009 7018 7027 7036 7045 7054 7063 7072 7081 7090 7100 7109 7118 7127 7136 7145 7154 7163 7172 7181 7190 7200 7209 7218 7227 7236 7245 7254 7263 7272 7281 7290 7300 7309 7318 7327 7336 7345 7354 7363 7372 7381 7390 7400 7409 7418 7427 7436 7445 7454 7463 7472 7481 7490 7500 7509 7518 7527 7536 7545 7554 7563 7572 7581 7590 7600 7609 7618 7627 7636 7645 7654 7663 7672 7681 7690 7700 7709 7718 7727 7736 7745 7754 7763 7772 7781 7790 7800 7809 7818 7827 7836 7845 7854 7863 7872 7881 7890 7900 7909 7918 7927 7936 7945 7954 7963 7972 7981 7990 8000 8009 8018 8027 8036 8045 8054 8063 8072 8081 8090 8100 8109 8118 8127 8136 8145 8154 8163 8172 8181 8190 8200 8209 8218 8227 8236 8245 8254 8263 8272 8281 8290 8300 8309 8318 8327 8336 8345 8354 8363 8372 8381 8390 8400 8409 8418 8427 8436 8445 8454 8463 8472 8481 8490 8500 8509 8518 8527 8536 8545 8554 8563 8572 8581 8590 8600 8609 8618 8627 8636 8645 8654 8663 8672 8681 8690 8700 8709 8718 8727 8736 8745 8754 8763 8772 8781 8790 8800 8809 8818 8827 8836 8845 8854 8863 8872 8881 8890 8900 8909 8918 8927 8936 8945 8954 8963 8972 8981 8990 9

Section 11

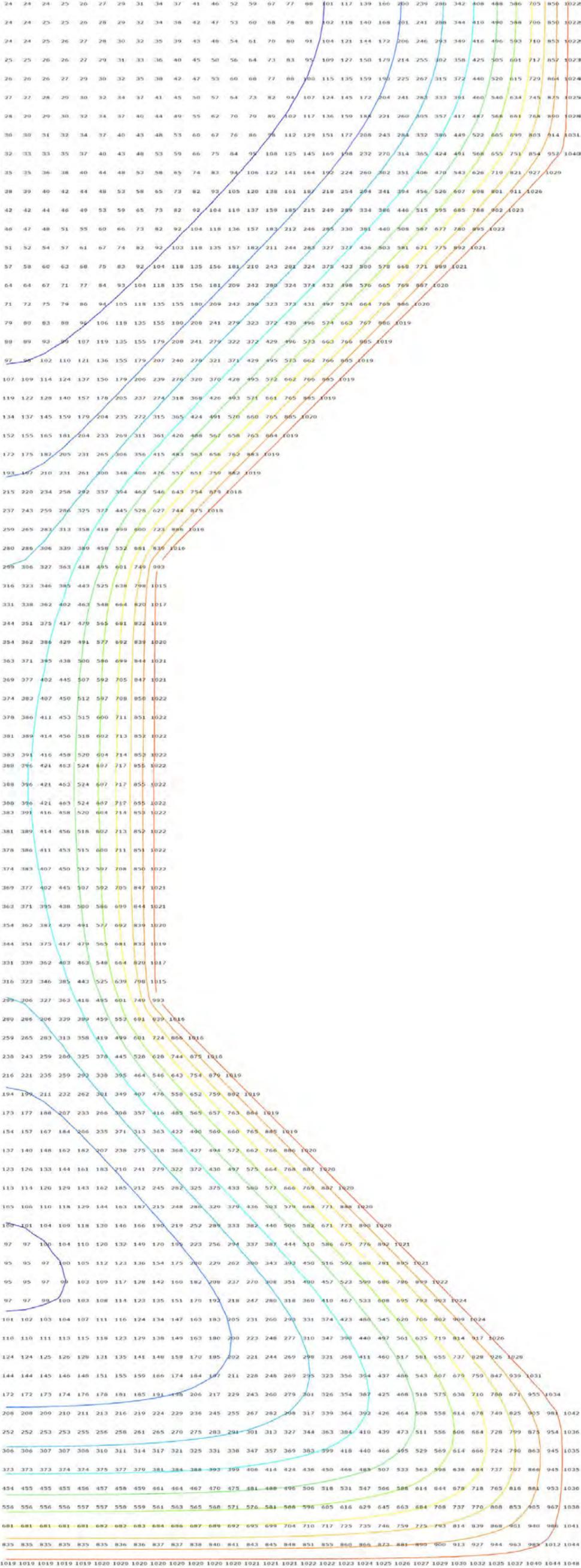
60 minutes

90 minutes

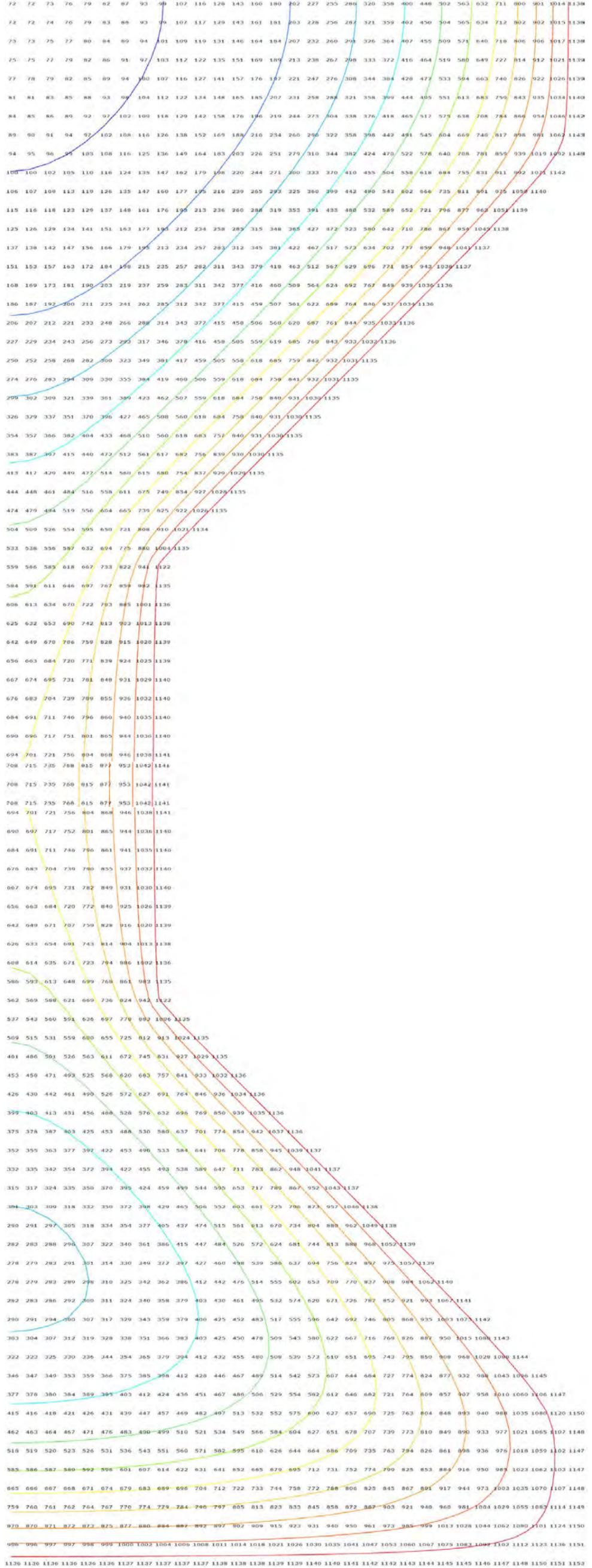


Section 11

120 minutes

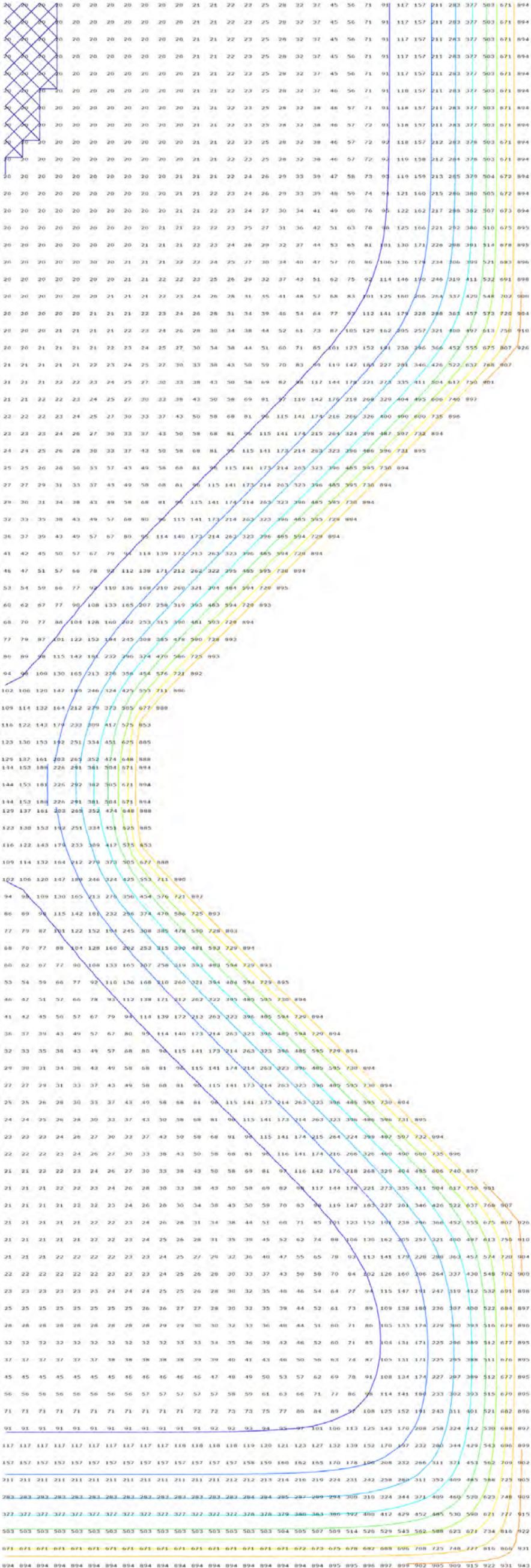


240 minutes

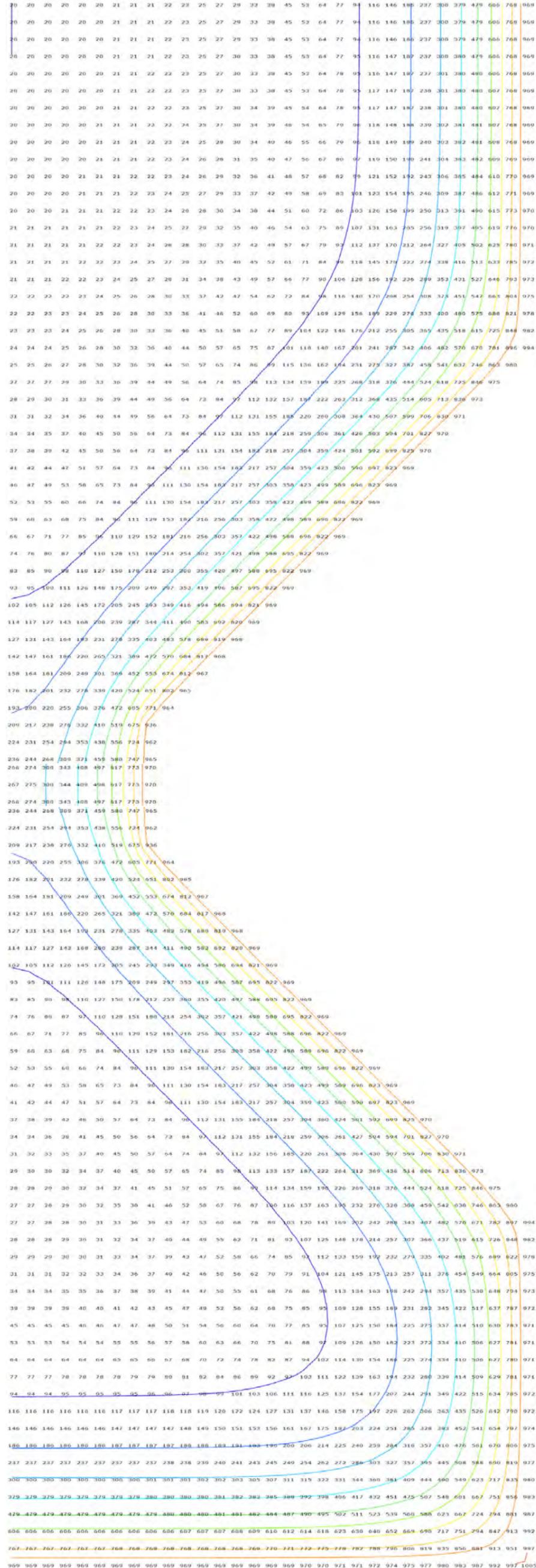


Section 12

60 minutes

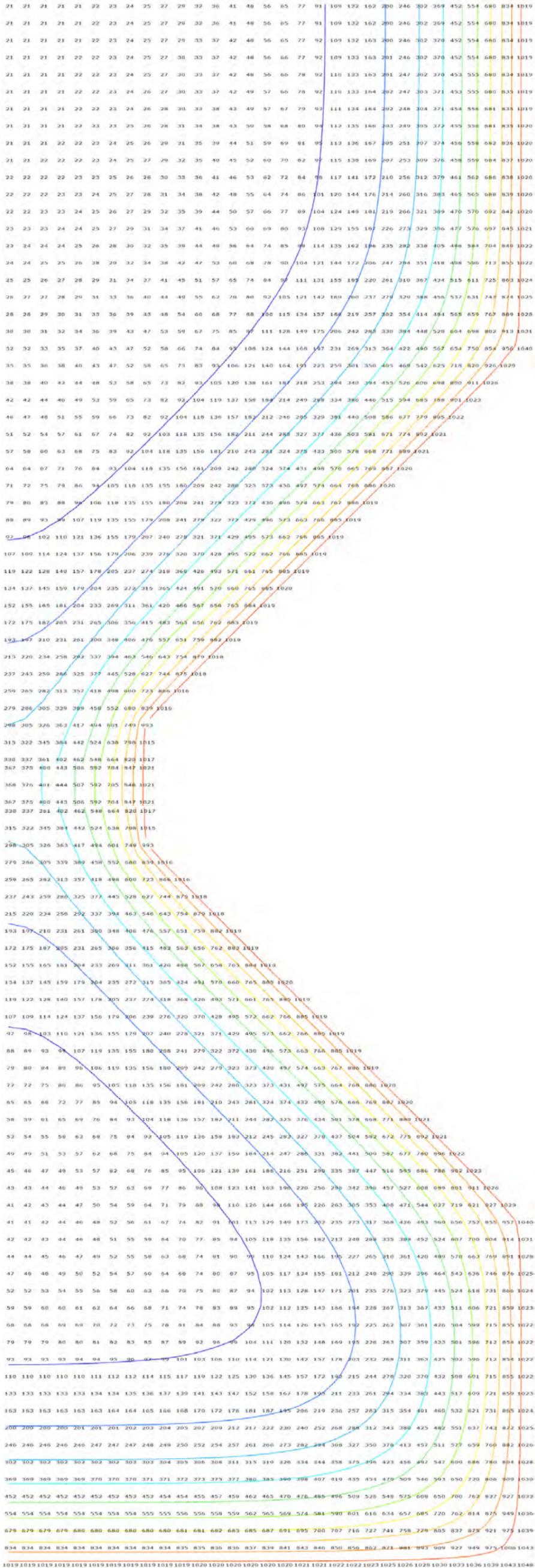


90 minutes



Section 12

120 minutes



240 minutes

