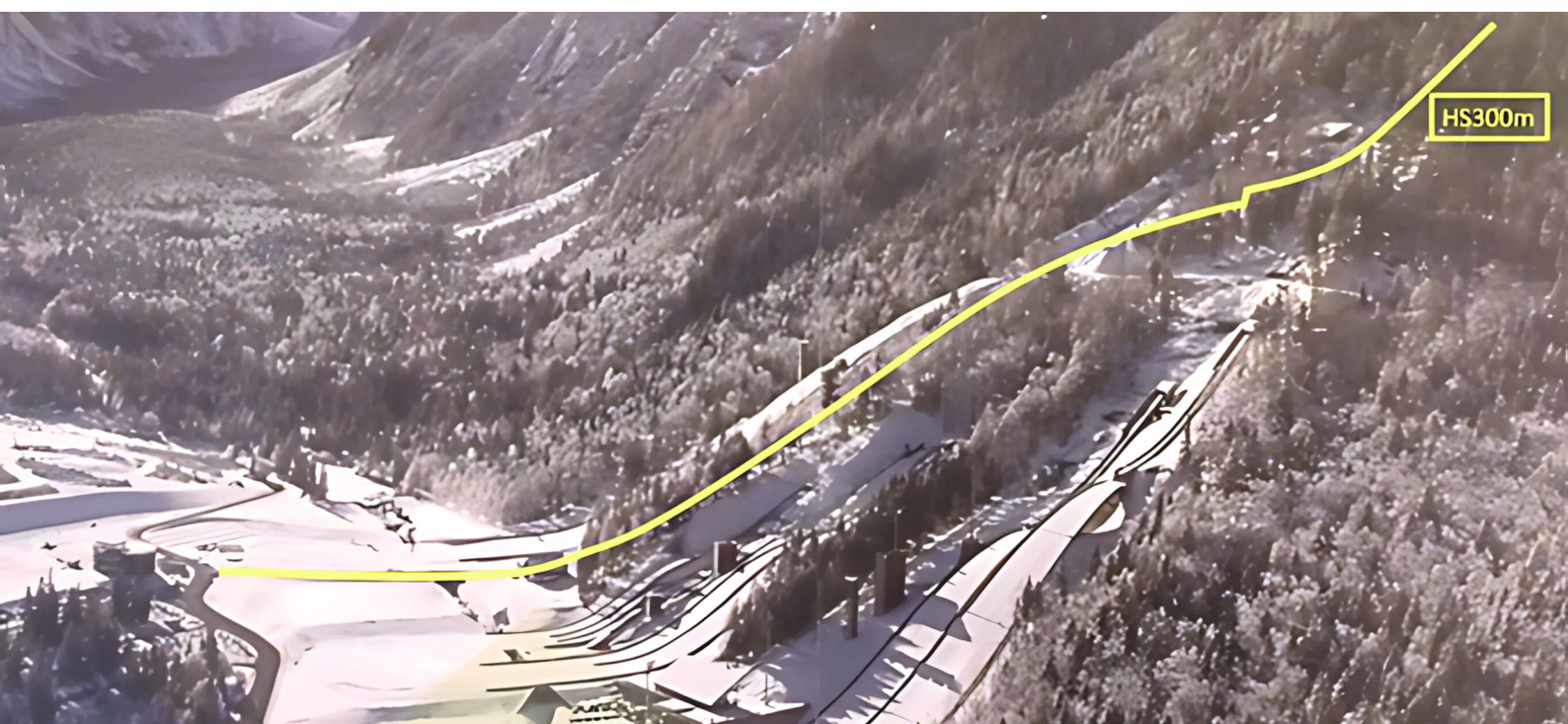




POLETI NA SMUČEH PREK 300 METROV – UTOPIJA ALI BLIŽNJA REALNOST?



Bojan Jošt



Naslov: **POLETI NA SMUČEH PREK 300 METROV – UTOPIJA ALI BLIŽNJA REALNOST?**

Avtor: Bojan Jošt

Recenzenta: Damir Karpljuk, Tomaž Pavlin

Urejanje in oblikovanje: Rok Vertič

Lektoriranje: Špela Križ

Založila: Založba Univerze v Ljubljani

Za založbo: Gregor Majdič, rektor Univerze v Ljubljani

Izdala: Fakulteta za šport Univerze v Ljubljani

Za založbo: Damir Karpljuk, dekan Fakultete za šport UL

Ljubljana, 2025

Prva elektronska izdaja

Publikacija je brezplačna.

Publikacija je dostopna na: <https://ebooks.uni-lj.si/>

DOI: 10.52165/9789612976064

Monografija je nastala s pomočjo večletnih rezultatov in ugotovitev raziskovalnega dela, ki je bilo izvedeno na Fakulteti za šport, članici Univerze v Ljubljani. Raziskovalno delo je bilo delno sofinancirano s strani Fundacije za financiranje športnih organizacij v RS in Ministrstva za visoko šolstvo, znanost in inovacije. Zahvala velja Smučarski zvezi Slovenije in Organizacijskemu komiteju Planica, ki sta občasno omogočila izpeljavo eksperimentalnega dela projektnih aktivnosti na planiški letalnici. Iskrena hvala tudi posameznim sodelavcem Fakultete za šport, ki so v določenih delih in fazah sodelovali pri raziskovalnem delu in pripravi te monografije.



To delo je ponujeno pod licenco Creative Commons Priznanje avtorstva-Deljenje pod enakimi pogoji 4.0 Mednarodna licenca (izjema so fotografije). / This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License (except photographs).

Kataložni zapis o publikaciji (CIP) pripravili v
Narodni in univerzitetni knjižnici v Ljubljani

[COBISS.SI-ID 239763715](#)

ISBN 978-961-297-606-4 (PDF)

POLETI NA SMUČEH PREK 300 METROV – UTOPIJA ALI BLIŽNJA REALNOST?

IZVLEČEK

Osnovni namen strokovne znanstvene monografije je predstaviti nujno potrebo po zgraditvi večjih letalnic, vse tja do velikosti (HS, angl. hill size) 300 m. Sedanji največji letalnici HS 240 m v Vikersundu na Norveškem in Planici ne omogočata več varnega povečanja rekorda 253,5 m, ki ga je leta 2017 dosegel Stefan Kraft na letalnici v Vikersundu, in aktualnega svetovnega rekorda Domna Prevca 254,5 m, doseženega na letalnici v Planici 30. marca 2025. Do tega dosežka je prišlo po približno sto letih razvoja smučarskih skokov od prvih tekmovanj na najmanjših, 20-metrskih skakalnicah na Norveškem. Med rekordnima dosežkoma 100 m in 200 m je minilo 58 let. Od rekordnega poleta 200 m je že 31 let, pa smo s trenutnim rekordom 254,5 m šele na dobri polovici poti, ki vodi k naslednji magični meji poletov na smučeh, to je 300 m. Leta 2005 je Janne Ahonen na planiški letalnici HS 215 m poletel kar 240 m in po doskoku padel. Ta polet bi lahko bil na enostavno povečani planiški letalnici HS 300 m precej daljši in bi meril približno 280 m. To je bil praktični dokaz, da moderna tehnika poletov na smučeh že omogoča rekordne daljave prek 300 m. Ovira je le v trenutno premajhnih letalnicah. S kinematičnimi analizami izbranih ekstremno dolgih poletov je bilo mogoče ugotoviti izbrane biomehanične značilnosti poteka krivulje leta in tudi realno napovedati dolžino teh poletov na enostavno povečanih sedanjih letalnicah HS 300 m. Vsak dosedanji polet prek 250 m na letalnicah HS 240 m bi se lahko na povečani letalnici HS 300 m končal v bližini magične meje 300 m. Na podlagi kinematičnih značilnosti izbranih krivulj leta pri ekstremno dolgih poletih so bili v dvodimenzionalnem prostoru oblikovani vzdolžni profili povečane letalnice HS 300 m. Pri načrtovanju vzdolžnih profilov povečanih letalnic je bil uporabljen program AutoCAD za načrtovanje in risanje objektov v prostoru. Z uporabo tega programa so bili narejeni vzdolžni profili različnih variant letalnice HS 300 m. Med njimi je tudi profil letalnice HS 300 m ($H/N = 0,63$), ki bi lahko ob trenutni tehniki in opreми smučarjev skakalcev ter smučark skakalk najlažje in najbolj varno omogočil rekordne polete, daljše od 300 m. Takšna letalnica bi se najprej lahko zgradila na lokaciji sedanjih dveh največjih letalnic HS 240 m v Planici in Vikersundu.

Ključne besede: smučarski poleti; rekord 300 m; letalnica HS 300 m

RECENZIJA 1

Monografija z naslovom **Poleti na smučeh prek 300 metrov – utopija ali bližnja realnost?** obravnava problematiko razvoja najdaljših poletov na smučeh. Od prvih zapisov o začetku smučarskih skokov na Norveškem leta 1808 je minilo že več kot dvesto let. V tem času so se smučarski skoki stalno razvijali, pri čemer so se skakalnice postopno povečevale. Z njihovo rastjo so se podaljševali skoki, po letu 1936 pa tudi poleti na smučeh. Trenutni svetovni rekord 254,5 m je Domen Prevc dosegel na planiški letalnici 30. marca 2025. Navidezno velika dolžina poleta odličnega slovenskega letalca pa ne sme zamegliti dejstva, da se je rekord povečal za en meter šele po osmih letih dosedanjega rekorda, ki ga je leta 2017 Avstrijec Stefan Kraft dosegel na letalnici HS 240 m v Vikersundu na Norveškem. Rekordni polet Domna Prevca je ponovno obudil upanje v srcih številnih slovenskih ljubiteljev poletov na smučeh, da bo planiška letalnica nosilka najdaljšega poleta na smučeh tudi v prihodnje. Vsakemu poznavalcu razvoja smučarskih skokov in poletov je jasno, da nove rekordne znamke ne bodo več mogoče brez znatnega povečanja sedanjih največjih letalnic na svetu. Vsi poleti čez 250 m, ki jih je v letu 2015 začel slovenski skakalni junak Peter Prevc na letalnici v Vikersundu, so se končali z doskokom brez telemarka in velikim pritiskom na telo ob doskoku v globok počep. Petrov zgodovinski polet 250 m se je do nedavnega rekordnega poleta njegovega brata Domna v desetih letih povečal le za 4,5 m. Janne Ahonen je leta 2005 na planiški letalnici bratov Gorišek (HS 215 m) poletel 240 m in se ob doskoku hudo poškodoval. Če bi bila ob njegovem poletu letalnica enostavno povečana na velikost HS 300 m, bi lahko varno pristal pri 280 m. Padci in hude poškodbe lahko v prihodnje doletijo vsakega letalca, ki bi želel preseči Domnov rekord 254,5 m na sedanji planiški letalnici ali na letalnici v Vikersundu. Obe letalnici sta si po vzdolžnem profilu dokaj podobni. Že pred dvajsetimi leti so poznavalci smučarskih skokov in poletov predvidevali, da trenutna tehnika poletov na smučeh in vse boljša oprema omogočata varne polete tudi prek 300 m. Treba bi bilo zgraditi le primerno velike letalnice. Avtor v svoji monografiji podaja konkretne predloge za povečanje sedanjih letalnic. Njegove ideje temeljijo na več kot desetletnem kinematičnem spremljanju krivulj najdaljših smučarskih poletov na svetu. Te so bile prenesene na vzdolžne profile doskočišča enostavno povečane letalnice HS 300 m. Vsi letalci, ki so na sedanjih letalnicah HS 240 m poleteli prek 250 m, bi lahko na povečani letalnici HS 300 m poleteli tudi blizu ali celo prek nove magične dolžine poletov. Simulacija poleta Domna Prevca 254,5 m je pokazala, da bi na letalnici HS 300 m, tudi pri dokaj neugodnem razmerju H/N 0,603 glede na točko velikosti letalnice L lahko poletel prek 300 m, celo 310 m. Avtor je s programom AutoCAD za načrtovanje in risanje objektov v prostoru izdelal dve različici možnega povečanja planiške letalnice na velikost HS 300 m. Prva, že omenjena varianta z nižjim razmerjem H/N 0,603 bi bila bolj zahtevna letalnica. Druga različica z večjim razmerjem H/N 0,63 bi bila dokaj prijazna letalnica HS 300 m. Na njej bi lahko v ugodnih vetrovnih razmerah tudi povprečni letalci in predvsem najboljše smučarke skakalke poleteli do 300 m. Takšno letalnico bi se dalo najhitreje zgraditi na lokaciji sedanjih dveh največjih letalnic HS 240 m v Planici in Vikersundu. Nadgradnja planiške letalnice do velikosti HS 300 m bi pomenila logično nadaljevanje razvoja letalnice, ki je bila po načrtu bratov Janeza in Lada Goriška zgrajena leta 1969. Njuna vizionarska ideja je enako ali pa še bolj prisotna tudi v današnjem času. Planica je s svojimi skakalnicami in letalnico tradicionalno vpeta v temelje slovenske in svetovne kulture športa. Z njo se večina Slovencev poistoveti kot športni narod, željan napredka smučarskih skokov in poletov tako v domačem kot tudi svetovnem športnokulturnem prostoru.

Prof. dr. Damir Karpljuk

RECENZIJA 2

Prof. dr. Bojan Jošt se je v knjigi z naslovom **Poleti na smučeh prek 300 metrov – utopija ali bližnja realnost?** vsebinsko usmeril v strokovno vprašanje načrtovanja in gradnje največjih smučarskih letalnic. Predvsem je izpostavil problematiko povečanja planiške letalnice bratov Gorišek. Gre za letalnico z največjim številom najdaljših poletov na smučeh in najvišjo ravno prepoznavnosti v svetu smučarskega športa. V uvodnem poglavju poudari planiške začetke, ki so povezani z delovanjem športnega kluba Ilirija in njegove smučarske sekcije. Ta je za športno rast in kakovost smučarjev in smučarskih skokov uredil dom v Planici in skakalnico, ki je bila konec leta 1933 preurejena. Marca 1934 je bila organizirana prva planiška mednarodna tekma z rekordnimi skoki. Tekma in objekt sta bili senzacija, ki je opozorila na slovensko oziroma jugoslovansko smučanje. To je v tem trenutku strokovno še zaostajalo za svetovnim vrhom, a smeli koraki v gradnji infrastrukture in sodelovanje z norveškimi strokovnjaki so prispevali h krepkemu strokovnemu napredku. Planiška skakalnica je bila po preureditvi konec leta 1935 in po tekmi marca 1936 s prvim skokom prek 100 m deležna administrativnih kazni Mednarodne smučarske zveze (FIS), ki so bile posledica tedanjega smučarskošportnega politiziranja v FIS. Rekordni skok 101,5 m je dosegel Avstrijec Sepp Bradl in ne kateri od tedanjih »kanonov« Norvežanov, kakor so jih poimenovali slovenski mediji. Norvežani so bili pomemben član FIS, očetje skokov, ki so branili lastne pozicije in želeli rekord obdržati doma. Prepovedovali ali omejevali so svojim skakalcem nastopiti v Planici na uradnem delu tekme. Planica jim je mešala štrene. Slovenca Joso Gorec in Stanko Bloudek sta v boju za priznanje Planice in rekordnih skokov posredno prispevala k rojstvu discipline dolgih skokov oziroma poletov. Tako je Planica že pred drugo svetovno vojno dobila priznanje in nove rekordne daljave. Tik pred drugo vojno (1941) je Nemec Gering poletel 118 m. Še bolj razveseljivo je bilo dejstvo, da so tudi slovenski smučarji strokovno napredovali. Pot od prvega skoka, 9 m Jožeta Pogačarja pozimi 1920/21, je z daljavo 102 m zaokrožil Rudi Finžgar (1941). Njegov skok prek 100 m se je žal končal s padcem. Dve desetletji strokovnega in organizacijskega dela sta bili popotnica za čas po drugi vojni, ko je Bloudkova velikanka postala premajhna in sta v igro vstopila brata Gorišek. Planiške tekme so postale praznik slovenskega in jugoslovanskega športa in smučanja. Že tekmovanje leta 1936 z rekordnim skokom Seppa Bradla je obiskalo 15.000 gledalcev. Avtor v naslednjih poglavjih predstavi in analizira rast rekordnih razdalj in različne tehnike skokov, primerja skakalnici v Vikersundu in Planici ter se futuristično usmeri v proučevanje možnosti postopnega razvoja planiške letalnice do velikosti HS 300 m. Po njegovem razmišljanju ima Planica naravne danosti, ugodne za zgraditev nove letalnice na trenutni lokaciji letalnice HS 240 m. Letalnica bi se lahko povečala na trenutni vzdolžni osi ali z manjšim pomikom te osi. Ker bi bilo vsakršno postopno povečanje letalnice velik gradbeni poseg ne glede na velikost postopnega povečanja, bi bila bolj smiselna enkratna povečava planiške letalnice na velikost HS 300 m. Odločitev o teh korakih bo v rokah FIS, ki bi morala narediti vsaj prvi odločilni korak na tej poti. Podobne odločitve so že bile sprejete v preteklosti, ko so rekordne daljave odpirale različna, tudi etična vprašanja o njihovi smiselnosti. Planica ima široko družbeno podporo in vizijo, ki so jo z Ivanom Rožmanom, Stankom Bloudkom, Ladom Goriškom in Janezom Goriškom na čelu skozi njen zgodovinski razvoj začrtali in uresničevali graditelji skakalnic in letalnice. Delo prof. dr. Bojana Jošta je aktualno, vizionarsko in tudi provokativno glede aktualnega razmišljanja o stanju in razvoju poletov v prihodnosti tako v okviru FIS kot v slovenskih smučarskih (nordijskih) in športnih krogih.

Izr. prof. dr. Tomaž Pavlin

PREDGOVOR

V smučarskih skokih je bila stalno želja po povečevanju rekordne dolžine skokov in poletov. Danes so vse želje usmerjene v razvoj dolžine poletov prek magične meje 300 m. Tudi pri doseganju magičnih mejnikov 100 m in 200 m so bile te želje enake in najprej utopične. Smučarski poleti, daljši od 300 m, niso več utopija. Le vprašanje časa je, kdaj se bodo vzpostavile možnosti za doseganje teh poletov. Vsebina pričujoče monografije je nastala na podlagi večletnega praktičnega in teoretičnega delovanja avtorja na področju proučevanja problematike razvoja poletov na smučeh. Avtorjevi pogledi so podkrepjeni z več kot desetletnim raziskovalnim delom na področju spremljanja kinematičnih značilnosti krivulje leta na planiški letalnici. Kinematične značilnosti leta so bile v več ločenih raziskovalnih študijah proučevane v povezavi z določenimi dejavniki, ki močno vplivajo na uspešnost letalcev pri poletih na smučeh (geometrijske značilnosti letalnic, vetrovne razmere, zaletna hitrost, hitrost vožnje v spodnjem prehodnem loku, tehnika leta, položaji letalca med letom in njegova aerodinamična učinkovitost).

V uvodnem poglavju monografije je na kratko opisana pot razvoja najdaljših smučarskih skokov in poletov na svetu. Poudarek je na doseženih dolžinah skokov in poletov v posameznih časovnih točkah ne glede na to, ali gre pri tem za skoke brez padcev ali skoke s padci in dotiki. Podatke o rekordnih dolžinah skokov in poletov navajajo številni viri. Enotne zbirke podatkov ni, ker Mednarodna smučarska zveza (v nadaljevanju tudi FIS) takšne zbirke ni vzpostavila. Prav tako omenjena organizacija nima uradno potrjenih meril in kriterijev za priznavanje svetovnih rekordov. Njeno ravnanje je delno tudi razumljivo. Rekordni v smučarskih skokih in poletih so večplastno in zapleteno strokovno vprašanje. V vsakem zgodovinskem trenutku so bile rekordne dolžine dosežene v posebnih okoliščinah. Odvisne so bile od številnih dokaj spremenljivih in med seboj težko primerljivih dejavnikov. Dosežene so bile lahko tudi zunaj tekmovanj in v pomanjkljivo nadzorovanih razmerah. Rekordni v smučarskih skokih in poletih niso primerljivi z rekordnimi dosežki v atletiki ali plavanju. V teh dveh športnih panogah so okoliščine za doseganje rekordnih dosežkov precej bolj nadzorovane in dosežki odvisni predvsem od športnikov samih. V smučarskih poletih pa na vsak rekordni polet najprej vpliva žirija tekmovanja z izbiro zaletišča, šele potem pride do izraza dosežek posameznega športnika. Na rekordne polete na letalnici vplivajo še številni drugi, med seboj kompleksno povezani dejavniki, ki jih je tudi težko nadzorovati. Naraščajoče dolžine najdaljših skokov in poletov so bile odvisne predvsem od velikosti skakalnic in letalnic ter tudi od vsakokratne tehnike smučarskih skokov. Namen te monografije ni natančna in obsežna zgodovinska analiza doseženih rekordnih skokov in poletov. Avtor se je pri časovnem opisu opiral predvsem na urejeno zbirko podatkov, ki je javno objavljena v prosto dostopni spletni enciklopediji wikipedia (<https://sl.wikipedia.org/wiki/WSeznam>). Najbolj obsežen je opis obdobja po doseženem poletu 200 m, ki se je zgodil v Planici leta 1994. Ta zgodovinski rekordni polet je bil izveden v sedanji V-tehniki poletov na smučeh, ki je aerodinamično dokaj učinkovita. S to tehniko so pozneje številni smučarji letalci podaljševali rekordne polete, predvsem na letalnici v Planici in na letalnici v Vikersundu na Norveškem. Aktualni svetovni rekord 254,5 m je na planiški letalnici 30. marca 2025 postavil Domen Prevc.

V drugem poglavju je opisano obdobje zadržanega in nevarnega razvoja najdaljših poletov. Leta 2005 se je pojavil velik razkorak med takratno zmožnostjo letalca, tehniko smučarskih poletov in velikostjo letalnice. Odličen finski skakalec Janne Ahonen je poletel 240 m in po doskoku grdo padel. K sreči ni prišlo do trajnih poškodb. Analiza njegovega poleta je pokazala, da bi lahko na takratni planiški letalnici HS 215 m, če bi jo enostavno povečali na velikost HS 300 m, poletel do novega svetovnega

rekorda, to je približno 280 m. Štiri leta pozneje je na isti letalnici Simon Ammann poletel »samo« 233 m. Višina njegovega poleta pri 195 m je bila kar 9,8 m. Analiza je pokazala, da bi s tem poletom na enostavno povečani letalnici HS 300 m lahko poletel prek magične meje 300 m. Lahko bi rekli, da bi bila ta magična meja lahko dosežena že v letu 2009, vendar letalnica HS 240 m Simonu Ammannu tega ni omogočala. Model vzdolžnega profila letalnice HS 300 m je bil takrat že pripravljen in pozneje tudi empirično proučevan na simulirani planiški letalnici HS 300 m. Avstrijski zvezdnik smučarskih poletov Gregor Schlierenzauer je leta 2018 na planiški letalnici izenačil takratni svetovni rekord reprezentančnega kolega Stefana Krafta 253,5 m iz leta 2017. Analiza Schlierenzauerjevega poleta je pokazala, da bi na letalnici HS 300 m lahko poletel celo 304 m. Na podlagi tega izjemnega poleta bi se dalo sklepati, da bi lahko tudi drugi letalci, ki so na letalnicah HS 240 m poleteli 250 m ali več, z veliko verjetnostjo na letalnici HS 300 m poleteli v bližino 300 metrov.

Tretje poglavje na kratko predstavi sedanjo tehniko smučarskih skokov in poletov. Nanjo vplivajo številni dejavniki, ki so že bili predmet več raziskav. Novi rekordni dosežki bodo zahtevali še bolj učinkovito aerodinamično tehniko letenja in ugodne vetrovne razmere. Seveda bo za polet prek 300 m najpomembnejši letalec sam. Tehnika poletov je specifična in drugačna od tehnike smučarskih skokov. Vsak letalec na smučeh ima individualno tehniko letenja, ki je različno aerodinamično učinkovita. Samo nekateri letalci obvladajo takšno tehniko poleta, ki jim omogoča rekordne polete na letalnici. Med njimi je tudi slovenski letalec na smučeh Domen Prevc. Njegov kot letenja je izjemno nizek in v osrednjem delu poleta lahko pri ugodni termiki doseže zgolj 34 kotnih stopinj. Domen bi lahko, hipotetično, postavil še nove rekordne dolžine poletov na sedanjih letalnicah. Zadnji najdaljši polet na svetu 254,5 m je izvedel na planiški letalnici 30. marca 2025.

V četrtem poglavju sta na kratko predstavljeni dve največji letalnici na svetu. Prva leži na nizki nadmorski višini v Vikersundu na Norveškem. Druga je na precej višji nadmorski višini v Planici. Obe letalnici sta si po osnovnih geometrijskih značilnostih vzdolžnega profila dokaj podobni. Razlikujeta se po kinematičnih značilnostih krivulje leta. V Vikersundu lahko smučarji letalci letijo pri manjši vzletni hitrosti in nizki krivulji leta. Za planiško letalnico je značilna večja zaletna hitrost in s tem tudi višja povprečna krivulja leta. Ob ugodnem vzgonskem vetru (termiki) pa tudi planiška letalnica omogoča rekordne daljave. Obe letalnici predstavljata ugodno izhodišče za povečanje na velikost letalnice HS 300 m.

Vsebina petega poglavja je povezana z vprašanjem, kako naprej pri povečevanju letalnic. Mogoče so različne poti. Pravo pot bi morala izbrati Mednarodna smučarska zveza (FIS), ki se zadnjih dvajset let ni ukvarjala z razvojem letalnic. Iz njenega dremeža jo je leta 2024 prebudil 291 m dolg polet japonskega skakalnega zvezdnika Rjojuja Kobajašija. Polet je bil izveden na improvizirani naravni letalnici približne velikosti HS 300 m na Islandiji. Mednarodna smučarska zveza pri tem eksperimentu ni sodelovala. Dobila pa je informacije o njegovem načrtovanju, pripravi in izvedbi. Peto poglavje tako vsebuje nekatere smernice in probleme, ki bi jih morala najprej razrešiti Mednarodna smučarska zveza. Predlagana so tri nova pravila, ki naj bi bila pri razvoju smučarskih skokov in poletov sestavni del prihodnjega ravnanja in odločanja FIS. Povečevanje letalnic do velikosti HS 300 m bi lahko bilo postopno ali enkratno. Najbolj smotno bi bilo zgraditi kar letalnico HS 300 m, saj stroški za njeno gradnjo ne bi bistveno presegali tistih pri morebitni gradnji letalnice vmesne velikosti HS 280 m. Letalnica HS 300 m bi glede na sedanjo letalnico HS 240 m terjala precej več naravnega terena in prostora ob objektu.

Možnost minimalnega povečanja letalnice HS 240 m na velikost HS 260 m je predstavljena v šestem poglavju. Morda bi zahtevala nekoliko manj vloženih sredstev, ne bi pa bistveno pripomogla k povečanju trenutnega svetovnega rekorda 254,5 m. Z ekonomskega vidika bi bila za njegovo povečanje precej bolj upravičena gradnja letalnice HS 280 m. Navedene so osnovne geometrijske značilnosti vzdolžnega profila letalnice te velikosti.

V sedmem poglavju so prikazane osnovne geometrijske značilnosti letalnice HS 300 m. Vzdolžna profila letalnic HS 240 m v Vikersundu in Planici sta lahko dobra podlaga za njuno povečanje na velikost HS 300 m. Prikazane so tri različice možnega vzdolžnega profila, ki se med seboj razlikujejo v velikosti razmerja H/N v točki velikosti letalnice (L) in obliki ravnine doskočišča. Doskočišče letalnice je lahko linijsko ravno ali pa z vzdolžnim lokom, ki je značilen za sedanje letalnice. V zadnjem delu sklepnega poglavja so prikazane okvirne prostorske možnosti za gradnjo letalnice HS 300 m. Podani sta dve različici. Prva opisuje povečanje sedanje letalnice HS 240 m na isti vzdolžni osi, druga pa gradnjo povsem nove letalnice na spremenjeni vzdolžni osi sedanje letalnice. Obe različici bi lahko bili ugodni, če bi bili dovolj vpeti v naravni teren. S tem bi bila letalnica zaščitena pred neugodnim vetrom in krivulja leta nad doskočiščem letalnice HS 300 m bi bila nižja.

Vsebina strokovne znanstvene monografije ni namenjena odkrivanju dokončne resnice in edinega mogočega scenarija pri iskanju kar najboljše poti za nadaljnji razvoj letalnic. Avtor je želel domače in mednarodne strokovnjake ter pristojne odločevalce pri Mednarodni smučarski zvezi seznaniti z več različicami, med katerimi bi mogoče lahko našli tisto, ki bi pripomogla k čimprejšnji dosegljivosti magične meje poletov 300 m. Tako bi se lahko smučarjem skakalcem in smučarkam skakalkam uresničile sanje o novih rekordnih poletih. To so navsezadnje tudi želje in pričakovanja številnih ljubiteljev poletov na smučeh doma in po svetu.

KAZALO

KRATEK ZGODOVINSKI OPIS RAZVOJA NAJDALJŠIH POLETOV NA SMUČEH.....	11
Obdobje do doseženega poleta 100 m v letu 1936.....	11
Obdobje po rekordnem poletu 100 m v letu 1936	17
Obdobje po rekordnem poletu 200 m	24
OBDODBJE ZADRŽANEGA IN NEVARNEGA RAZVOJA REKORDNIH POLETOV PREK 240 METROV	30
POLETI PREK 300 METROV BODO ODVISNI OD ŠTEVILNIH DEJAVNIKOV	55
Tehnika poletov na smučeh	56
Aerodinamični pogoji na letalnici, vključno z vplivom vetra	64
MOŽNOSTI ZA DOSEGANJE REKORDNIH POLETOV NA SEDANJIH SMUČARSKIH LETALNICAH.....	66
Smučarska letalnica v Bad Mitterndorfu	67
Smučarska letalnica v Oberstdorfu	69
Letalnica v Vikersundu	71
Letalnica HS 240 m v Planici	76
REKORDNI POLETI BREZ POVEČANJA LETALNIC NISO VEČ MOGOČI – KAKO NAPREJ?	86
Ali je polet Rjojuja Kobajašija 291 m pokazal pravo pot, po kateri bi lahko šla Mednarodna smučarska zveza?	87
Povečanje letalnic je odvisno od pravil Mednarodne smučarske zveze.....	93
Sprememba pravila FIS glede določitve točke velikosti skakalnice in letalnice (L).....	94
Sprememba pravila FIS glede določanja razmerja H/N doskočišča skakalnice in letalnice.....	98
Sprememba pravila FIS glede določanja oblike in velikosti vzdolžnega loka doskočišča skakalnice in letalnice	99
Povečanje letalnic do velikosti HS 300 m je lahko enkratno ali postopno	100
POVEČANJE LETALNICE HS 240 M NA VELIKOST HS 260 M IN HS 280 M.....	104
Letalnica HS 280 m	108
LETALNICA HS 300 M	111
Povečanje sedanje letalnice HS 240 m na velikost letalnice HS 300 m	111
Različica letalnice HS 300 m z ravnim doskočiščem	111

Različica letalnice HS 300 m z ločnim doskočiščem ($H/N_{hs} = 0,603$).....	114
Različica letalnice HS 300 m z ločnim doskočiščem in večjim razmerjem H/N v točki velikosti letalnice ($H/N_{hs} = 0,63$).....	118
Izbira ustrezne lokacije za gradnjo letalnice HS 300 m	122
STVARNO KAZALO.....	129
LITERATURA.....	130

PRVO POGLAVJE

KRATEK ZGODOVINSKI OPIS RAZVOJA NAJDALJŠIH POLETOV NA SMUČEH

Obdobje do doseženega poleta 100 m v letu 1936

Pri kratkem opisu doseganja najdaljših skokov in poletov so bili uporabljeni podatki iz različnih pisnih, največkrat večavtorskih virov in uredniških odborov. Navedba konkretnih podatkov o rekordnih skokih in poletih je povzeta po seznamu rekordnih dolžin, zbranih v javno objavljeni prosto dostopni spletni enciklopediji wikipedia (<https://sl.wikipedia.org/>).

Prvi izmerjeni skok na umetni grbini dolžine 9,5 m je leta 1808 dosegel Olaf Rye iz province Telemark. Tako je zabeležil norveški vojaški častnik. Skice iz tega časa prikazujejo skakalce, ki med skokom držijo v rokah dolgo palico, imajo pokrčena kolena in doskakujejo v telemark. Izpadni korak pri doskoku je poimenovan po norveški pokrajini Telemark. V tem obdobju se je uporabljala tehnika skoka s pokrčenimi nogami in palico. Skoki so se izvajali na povsem naravnih terenih (grbine, prelomnice).

Prvo uradno tekmovanje na naravni skakalnici je bilo izvedeno leta 1862 v kraju Trysil na Norveškem. V šestdesetih letih 19. stoletja so skušali tekmovanja v skokih preseliti v urbana središča. Kmalu so se tekmovanja pojavila v glavnem mestu Norveške, ki se je takrat imenovalo Kristiania, in meščani so bili nad tem navdušeni. Naravne skakalnice so omogočale dolžine skokov do 20 m.

Leta 1868 je vsestranski norveški smučar Sondre Nordheim na mali naravni skakalnici v kraju Brunkeberg skočil 19,5 m. Bil je znani učitelj smučanja in velik spodbujevalec modernega smučanja. Bil je tudi pobudnik skakanja brez palic. Tedanja tehnika smučarskega skoka je po odzivu zahtevala lepo pokončno držo telesa. Roke so bile iztegnjene in odročene od telesa. Tekmovalci so doskočili v doskoku telemark in tako peljali v iztek. Leta 1884 se je Nordheim z družino preselil v Ameriko, kjer je nadaljeval širjenje smučarske kulture. V domačem Morgedalu v pokrajini Telemark na Norveškem so mu za zasluge pri razvoju smučanja postavili častni spomenik.

Leta 1879 so na vzpetini Huseby nad Kristianio, ki danes nosi ime Oslo, zgradili prvo malo umetno skakalnico. Na njej so izvedli prva znana uradna tekmovanja v smučarskih skokih na Norveškem. Do leta 1880 smučarji skakalci niso uporabljali posebnih smuč. Leta 1879 je Olaf Haugann skočil rekordnih 20 m.

Na Holmenkollnu, hribu nad Osloom, je bila leta 1892 zgrajena skakalnica. Na njej je organizator Foreningen til Ski-idraettens Fremme izvedel prvo veliko tekmovanje. Nova skakalnica je prispevala k pravemu razcvetu smučarskih skokov. Že prvo tekmo 30. januarja 1892 je spremljalo za takratne razmere veliko število gledalcev, okoli 20.000. Od tedaj na tem mestu prirejajo vsakoletna tekmovanja v smučarskih tekih, skokih in nordijski kombinaciji. Danes je tradicija teh prireditev vključena v sistem tekmovanj na najvišji svetovni ravni. Zgodovina Holmenkollna je bogato predstavljena v spominskem smučarskem muzeju (Holmenkollen Ski Museum), ki deluje v sklopu skakalnice (visitoslo.com/en/product/).

Smučarski skoki so se iz Norveške kmalu prenesli v sosednji državi, na Švedsko in Finsko. Po norveškem vzoru so začeli smučarske igre prirejati tudi v Falunu na Švedskem (Svenska Skidspellen) in Lahtiju na Finskem (Salpauselka). Zasluge za ta športnokulturni razcvet je imela predvsem norveška vojska oziroma njeni pripadniki, ki so služili vojsko na Švedskem. Prvo znano neuradno mednarodno tekmovanje je bilo leta 1886 na Švedskem. Smučarski skoki so se pozneje začeli širiti tudi v srednjo Evropo. V Nemčijo so jih prenesli Norvežani, ki so bili pobudniki ustanovitve Smučarske zveze mesta München. S skoki so se začeli ukvarjati leta 1894. V istem obdobju so bili smučarski skoki predstavljeni tudi v Avstriji. Na prelomu 20. stoletja so se pojavili še v Švici, Franciji, Italiji, na Češkem, Poljskem, v Ameriki in Sloveniji.

Skakalnice so pozneje stalno povečevali, hkrati pa se je spremenila tudi tehnika smučarskega skoka – v tehniko globokega upogiba (Slika 1).

Slika 1: Tehnika globokega upogiba, od leta 1890 do 1920 (slika je povzeta po <HTTPS://www.google.si/search?q=sondre+nordheim>)

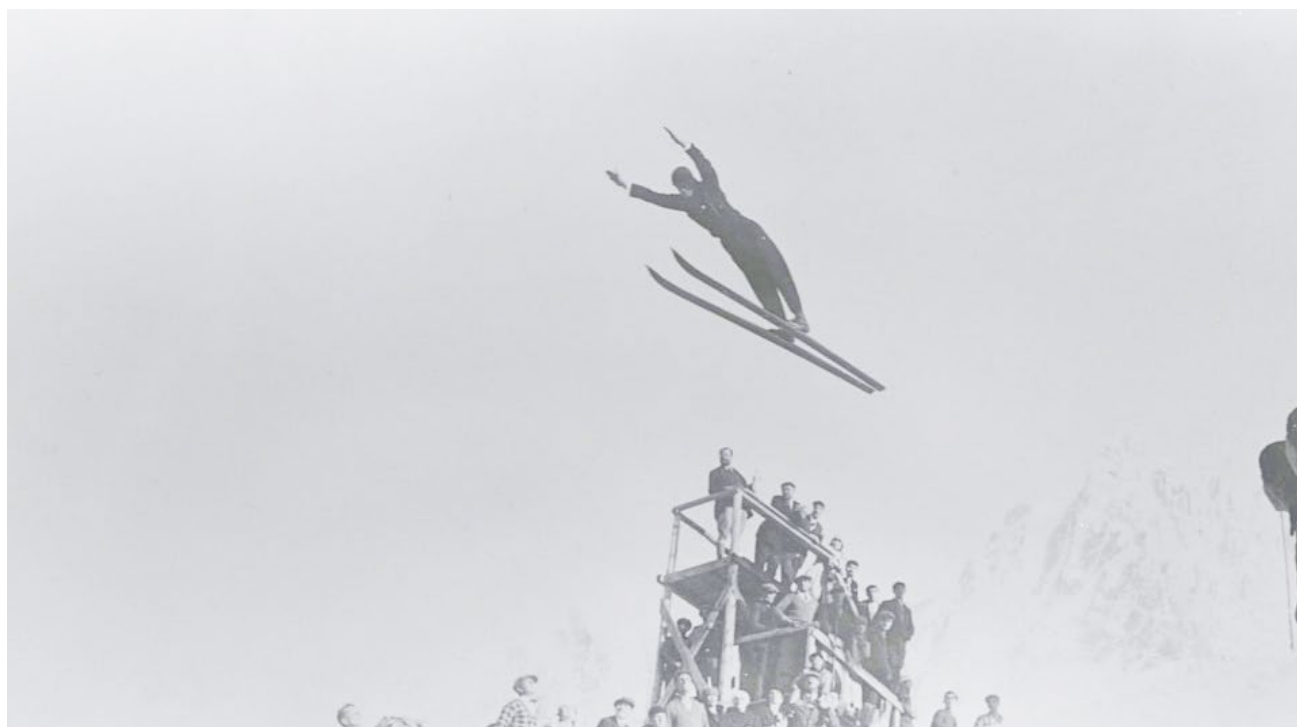


Med letom so bile noge postavljene bolj ali manj pravokotno na smuči. Trup telesa je bil vzporedno s smučmi ali celo pod vzporednico s smučmi. Roke so bile iztegnjene vstran (odročenje). Od leta 1881 do 1902 je kar nekaj norveških skakalcev premaknilo mejo najdaljšega skoka od 22 do 38 m.

Leta 1902 je Norvežan Nils Gjestvang skočil 41 m. Leto pozneje, 16. februarja 1913, je Norvežan Ragnar Omtvedt v ameriškem Ironwoodu skočil 51,5 m. To je bil prvi zgodovinski skok prek 50 m. Na začetku 20. stoletja so z norveškimi emigranti smučarski skoki prodrli tudi v Severno Ameriko. Američan Henry Hall je bil prvi skakalec, ki je leta 1917 s skokom, dolgim 61,9 m, na smučeh preletel 60 m.

Na začetku 20. stoletja so skakalci skakali v pokončni drži z iztegnjenim telesom in rokami, rahlo odročenimi od telesa. V tridesetih letih 20. stoletja pa so skakalci prešli v slog, za katerega je bil značilen predklon trupa in naprej iztegnjene roke. Omenjeni slog je pomenil prvi korak k poznejšemu aerodinamičnemu slogu, poimenovanemu kongsberški slog. Jacob Tullin Thams, zmagovalec na prvih ZOI leta 1924 v Chamonixu (Slika 2), je bil med prvimi smučarji skakalci, ki so začeli uveljavljati novi slog. Na olimpijskih igrah 4. februarja 1924 je nastopilo 27 tekmovalcev iz devetih držav.

Slika 2: Kongsberški slog na ZOI leta 1924 v Chamonixu (slika je povzeta po <https://www.olympic.org/news/tullin-thams-soars-with-wind-in-his-sails>)



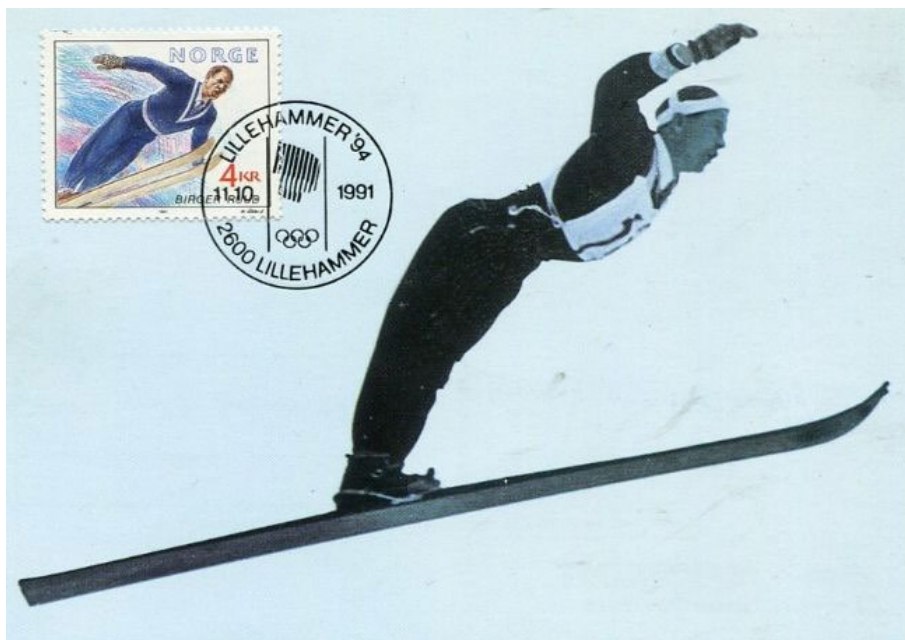
Leto po prvih zimskih olimpijskih igrah je kanadski skakalec Nels Nelsen na domači skakalnici v Kanadi 4. februarja 1925 dosegel dolžino skoka 73,1 m. Šest let pozneje, 24. februarja 1931, je norveški skakalec Sigmund Ruud v Davosu v Švici prvi preskočil dolžino 80 m. Njegov skok, dolg 81,5 m, je spodbudil gradnjo še večjih skakalnic, med katere se je leta 1934 v Planici zapisala tudi prva planiška Bloudek-Rožmanova skakalnica (Guček, 2012). Zgrajena je bila na naravnem terenu (Slika 3).

Slika 3: Skakalnica oblikovalcev Stanka Bloudka in Ivana Rožmana leta 1934 (slika je povzeta iz revije Šport – priloga, 2003; str. 5)



Na Bloudek-Rožmanovi skakalnici je bilo 4. februarja 1934 izvedeno prvo državno prvenstvo. Na njem je France Palme pred 2000 gledalci skočil 60 m. Norvežan Birger Ruud je na nedeljski tekmi 25. marca 1934 postavil prvo planiško svetovno rekordno dolžino smučarskih skokov 92 m (več avtorjev, 1999). To je bil dogodek, ki je odmeval po vsem svetu. Mednarodna smučarska zveza je imela pomisleke, da profil planiške skakalnice ne ustreza njenim normativom. Njene pomisleke je izničil inženir Stanko Bloudek. Dokazal je ravno nasprotno, da pravila FIS niso ustrezna za določanje kritične točke na velikih skakalnicah. Leta 1934 so skakalci skakali v tehniki manj globokega upogiba v bokih in z rokami, odmaknjenimi od telesa v polovično odročanje. Tako imenovano lomljeno telesno držo je zelo dobro obvladal norveški olimpijski šampion Birger Ruud. Prihajal je iz Kongsberga, mesta v pokrajini Telemark. Bil je zmagovalec na zimskih olimpijskih igrah leta 1932 in 1936 (Slika 4).

Slika 4: Tehnika smučarskega skoka z manj izrazitim upogibom telesa v bokih (od leta 1925 do 1936), v kateri je blestel Norvežan Birger Ruud (slika je povzeta po <https://www.google.si/search?q=birger>)



Švicarski inženir Straumann je leta 1935 v zračnem tunelu proučeval takratno tehniko leta smučarjev skakalcev. Ta je postajala vse bolj aerodinamična. Norvežani so stalno spreminjali skakalno tehniko. V pasu (bokih) niso bili več tako prelomljeni. Skakalnico v Planici je Stanko Bloudek izpopolnil in malenkostno povečal. Leta 1935 je Planica dobila povečavo skakalnice z umetnim doskočiščem. Tega leta je FIS sprva prepovedala, nato pa 14 dni pred tekmovanjem dovolila udeležbo skakalcev v Planici. Svetovni rekord v Planici je bil ponovno izboljšan. Norvežan Reidar Andersen je najprej skočil rekordnih 93 m. Za njim je Poljak Stanislaw Maruszak pristal pri 95 m, na koncu pa je Reidar Andersen dosegel novo rekordno vrednost, 99 m. Tako se je leta 1935 na Bloudkovi planiški skakalnici rekordna dolžina skoka povsem približala težko pričakovani meji 100 m. Povsem blizu magične meje je še istega leta, 17. marca 1935, pristal Švicar Fritz Kainersdörfer. Na skakalnici v Italiji je dosegel 99,5 m (Šlibar, Giacomelli in Guček, 2013).

Planiško skakalnico so leta 1936 po načrtih Stanka Bloudka preuredili in povečali. Nova kritična točka povečane skakalnice je bila pri 106 m. Skakalnica naj bi dopuščala skoke do 120 m. Višinska razlika skakalnice od začetka zaleta do izteka je obsegala 150 m. Višina zaleta je bila 65 m in dolžina zaleta 140 m. Odskočni most je bil visok 4 m. Doskočišče je bilo široko 20 m in iztek 26 m. V tistem času je bila to tehnično najpopolnejša skakalnica.

Avstrijski skakalec, komaj 18-letni Sepp Bradl iz Bischofshofna (Slika 5), je 15. marca 1936 v Planici prvi v zgodovini s smučmi preskočil 100 m. Skok, dolg 101,5 m, je bil izveden v tehniki manj globokega upogiba v bokih. Pri tej tehniki je imel skakalec med letom roke soročno iztegnjene pred telesom. Njegov polet se je končal z doskokom v telemark.

Slika 5: Avstrijec Sepp Bradl je v Planici 15. marca 1936 prvi na svetu preskočil 100 m (slika je povzeta po <http://www.google.si/search?q=sepp+bradl+pictures>)



Prvi skok prek 100 m se je izvedel v tehniki manj izrazitega upogiba v bokih. Skakalec je že postavil noge bolj nazaj v aerodinamični položaj. Slog med letom je še vedno zaznamoval razmeroma globok upogib telesa v bokih. Roke so bile postavljene rahlo naprej in v stran.

Avstrijci so bili zelo ponosni na zgodovinski dosežek komaj 18-letnega rojaka (Slika 6). V domačem smučarskem skakalnem centru v Bischofshofnu v Avstriji so mu postavili spominsko ploščo. Na slikovnem prikazu zgodovinskega skoka 101,5 m v Planici se vidi tudi doskok v telemark.

Slika 6: Spominska plošča v čast Seppu Bradlu, ki je prvi poletel prek 100 m



Na tej zgodovinski tekmi v Planici je Albin Novšak skočil 89,5 m, kar je bil jugoslovanski rekord. Mednarodna smučarska zveza je v tem letu želela omejiti povečavo skakalnic po svetu. Njen še ne potrjeni predlog je bil, da naj bi dovolili skoke le do 80 m. To stališče so v Planici trmasto zastopali tudi Norvežani in, kot je zapisal Guček, niso nastopili na tekmi (več avtorjev, 1999). Mednarodna smučarska zveza je 29. marca 1936, verjetno pod vplivom Skandinavcev in z izgovorom, da so skakalci tekmovali za materialne nagrade, prepovedala treninge in tekmovanja na planiški Bloudkovi skakalnici. Zaradi omejevanja dolžine skokov je takratna Smučarska zveza Jugoslavije predlagala novo disciplino – smučarske polete.

Pod pritiskom javnega mnenja je Mednarodna smučarska zveza leta 1938 na svojem kongresu na Finskem popustila in ponovno dovolila planiške prireditve. Avstrijski skakalec Sepp Bradl je v Planici dosegel nov svetovni rekord 107 m. V Planici so leta 1941 izvedli zadnjo prireditev pred drugo svetovno vojno. Na tekmovanju so se smučarji skakalci spet izkazali z rekordnimi dosežki. Največjo daljavo je s 118 m dosegel Nemec Rudi Gering (Žnidaršič idr., 1985). Prek magične meje stotih metrov je kot prvi Slovenec poletel Rudi Finžgar. Njegov skok, dolg 102 m, se je žal končal s padcem. Kljub vsemu je z daljavo 95 m postavil predvojni jugoslovanski rekord.

Obdobje po rekordnem poletu 100 m v letu 1936

V Planici so v sezoni 1946/1947 organizirali prvo povojno prireditev, ki jo je oviral močan dež. Tekmovanja ni bilo mogoče izvesti. V dnevih treninga so, kot je zapisal Guček (več avtorjev, 1999, str. 32), skakalci kar po vrsti postavljali državne rekorde. **Med njimi je tudi Rudiju Finžgarju kot prvemu Slovencu s skokom 102 m uspelo preskočiti 100-metrsko znamko.** Pri dolžini 100 m je, žal s padcem, doskočil tudi odličen skakalec Janez Polda.

Naslednje leto, 15. marca 1948, je bil na Bloudkovi velikanki dosežen nov najdaljši polet. Švicarski skakalec Fritz Tschannen je pristal pri 120 m.

Mednarodna smučarska zveza je leta 1949 končno priznala planiško Bloudkovo skakalnico in uvedla smučarske polete kot novo tekmovalno disciplino. Kmalu so se pojavili prve konkretne ideje in načrti za zgraditev še večjih skakalnic, smučarskih letalnic.

Nemci so leta 1950 v Oberstdorfu zgradili prvo letalnico. Projektiral jo je znameniti Heini Klopfer. Avstrijec Willi Gantschnigg je 28. februarja 1950 na novi letalnici planiški rekord povečal na 124 m. Prva prava letalnica na svetu je v enem letu štirikrat omogočila povečanje rekordnega poleta. Leta 1951 so s smučmi poleteli rekordnih 139 m.

Razvoj poletov na smučeh je zaznamoval tudi vse bolj aerodinamičen slog tehnike smučarskega skoka (Slika 7).

Slika 7: Klasična tehnika leta s paralelno držo smuči in rokami, iztegnjenimi pred glavo v predročju – Recknaglov slog (od leta 1955 do 1961)



Skakalec je bil pri tej tehniki še bolj iztegnjen v bokih, pri čemer je bil kot med nogami in trupom približno 165 stopinj. Smuči so bile postavljene paralelno, brez striženja krivin oziroma repov.

Od leta 1951 rekordna znamka ni bila izboljšana kar deset let. **Nov svetovni rekord, 141 m, je Slovcu Jožetu Šlibarju uspel leta 1961 na letalnici v Oberstdorfu.** Novi letalnici so leta 1966 zgradili še v Bad Mitterndorfu v Avstriji in Vikersundu na Norveškem. Na vseh treh letalnicah so se rekordni poleti postopno povečevali in izmenjavali vse do leta 1967.

Na letalnici v Oberstdorfu je 11. februarja 1967 s poletom 150 m nov zgodovinski mejnik postavil Norvežan Lars Grini. Slab mesec pozneje je Avstrijec Reinhold Bachler na letalnici v Vikersundu poletel na rekordnih 154 m.

Leta 1962 je bilo ustanovljeno združenje KOP (Kulm-Oberstdorf-Planica) kot interesna skupnost prirediteljev tekmovanj v poletih.

V letu 1969 se je z zgraditvijo planiške letalnice bratov Gorišek začela nova doba planiških rekordov. Že na uvodnem tednu poletov je bil svetovni rekord presežen kar petkrat. Niz petih najdaljših poletov je zadnji dan, 23. marca 1969, z rekordom 165 m zaokrožil nemški letalec Manfred Wolf.

Na 28. kongresu Mednarodne smučarske zveze v Opatiji leta 1971 so sprejeli sklep o uvedbi samostojnega svetovnega prvenstva v poletih in za prvega prireditelja določili Planico.

Planica je leta 1972 organizirala prvo svetovno prvenstvo v poletih. Prvi zmagovalec svetovnih prvenstev v poletih in novi planiški junak je postal Švicar Walter Steiner (več avtorjev, 1999). Že prvi dan tekmovanja je prišlo v Planico 20.000 gledalcev, drugi dan 40.000 in tretji dan kar 50.000. Svetovno prvenstvo v poletih je pomenilo rojstvo zimske oblike formule ena v smučarskih skokih.

Švicar Walter Steiner je leta 1974 v Planici s poletom 169 m postavil nov svetovni rekord. Ob 40-letnici Planice si je tridnevno prireditev znova ogledalo več kot 100.000 gledalcev.

Ponovno je Planica izvedla teden poletov leta 1977. Avstrijski skakalec Reinhold Bachler je izboljšal planiški rekord s poletom 172 m. Nov jugoslovanski rekord 168 m je postavil Bogdan Norčič. Z dotikom ob doskoku je poletel kar 181 m, kar je pomenilo več od takratnega svetovnega rekorda. Bil je tako prvi skakalec v zgodovini, ki je na smučeh letel več kot 180 m.

Leta 1979 je Planica drugič izvedla svetovno prvenstvo v poletih. Najboljšo slovensko uvrstitev je dosegel mladinec, komaj 17-letni Primož Ulaga, pozneje najuspešnejši slovenski skakalec v 80. letih. Tridnevno prireditev si je v dolini pod Poncami ogledalo več kot 100.000 gledalcev. Nemec Klaus Ostwald je na svetovnem prvenstvu v Planici izenačil rekordni polet 176 m.

Nov svetovni rekord je leta 1980 dosegel Avstrijec Armin Kogler na letalnici v Harrachovu na Češkem. Prvi na svetu je brez padca ob doskoku pristal pri 180 metrih. Polete na češki letalnici je zaznamovala izjemna višina leta, ki je lahko dosegla tudi 15 m. Letalci so bili zaradi visoke krivulje leta izpostavljeni precejšnjemu psihičnemu pritisku. Danes je letalnica v Harrachovu na Češkem najmanjša med temi objekti. Leta 2014 so na njej priredili četrto svetovno prvenstvo v poletih (Slika 8).

Slika 8: Letalnica v Harrachovu na Češkem



Po letu 1980 se je začela doba izrazite spremembe telesne zgradbe smučarjev skakalcev. V ospredje so prihajali lahki tekmovalci. To se je posebej pokazalo na največjih skakalnicah in letalnicah. Na čelo nove peresno lahke generacije smučarjev skakalcev se je postavil najuspešnejši skakalec v klasični tehniki Finec Matti Nykänen (Slika 9).

Slika 9: Finec Matti Nykänen v klasični tehniki smučarskega skoka s paralelno držo smučí



Svojo prevlado pri doseganju rekordnih poletov je Matti Nykänen začel 16. marca 1984. Na letalnici v Oberstdorfu je poletel 182 m. Leta 1985 je postal svetovni prvak na letalnici v Planici in hkrati tudi nosilec novega rekordnega poleta 191 m.

Zadnji rekordni polet v klasični paralelni tehniki, 194 m, je uspel Poljaku Piotru Fijasu. Dosežen je bil v Planici 13. marca 1987. Planiška letalnica je bila v tem času najbolj priljubljena letalnica na svetu z največjim številom gledalcev ob njej (Slika 10).

Slika 10: Planiške skakalnice v 80. letih prejšnjega stoletja, Joco Žnidaršič je avtor slike, objavljene v knjigi Planica 1934–1999 (več avtorjev, 1999)



Svetovni pokal v smučarskih skokih je v sezoni 1988/89 presenetljivo osvojil švedski skakalec Jan Boklöv (Slika 11).

Slika 11: Zmagovalec svetovnega pokala v smučarskih skokih v sezoni 1988/89 Jan Boklöv (povzeto po Janboklöv.jpg – wikipedia)



Njegova tehnika skakanja je bila bistveno drugačna od tedaj pri FIS priznane paralelne tehnike drže smuči. Z zmago v svetovnem pokalu je švedski skakalec povzročil pravo revolucijo v tehniki smučarskega skoka. Z njim se je začela uradno uveljavljati nova, tako imenovana V-tehnika leta smučarja skakalca. Ta tehnika je bila aerodinamično učinkovitejša. Z njo se je začelo novo obdobje razvoja najdaljših rekordnih poletov. Za V-tehniko je bila značilna boljša aerodinamična učinkovitost položaja skakalca in smuči med letom (Slika 12). Skakalec je med letom postavil smuči v položaj, ki je bil podoben črki V. Kot med smučmi je obsegal od 30 do 39 kotnih stopinj. Iztegnitev telesa v bokih je dosegala vrednosti od 164 (normalni V-slog) do 175 stopinj (ploščati V-slog).

Slika 12: Tehnika V-sloga po letu 1991 (avtor slike Bojan Česen)



Prednosti nove V-tehnike so bile z vidika nove rekordne dolžine poletov opazne šele leta 1994. Avstrijec Martin Höllwarth je 17. marca 1994 na planiški letalnici bratov Gorišek poletel rekordnih 196 m. **Še isti dan je njegov reprezentančni kolega Andreas Goldberger (Slika 13) kot prvi človek na svetu z rahlim dotikom ob doskoku poletel prek magične meje 200 m. Njegov polet je meril 202 m.**

Slika 13: Avstrijec Andreas Goldberger je 17. marca 1994 v Planici s poletom 202 m prvi na svetu poletel prek 200 m (slika je povzeta iz televizijskega posnetka poleta, RTV Slovenija)



Nekaj minut pozneje je mladi finski skakalec Toni Nieminen pristal pri 203 metrih in si tako, v zmešnjavi priznanih oziroma nepriznanih rekordnih poletov v FIS, prislužil zgodovinsko slavo. Uradno je Finec Toni Nieminen prvi človek na svetu, ki je s smučmi poletel več kot 200 m. S pripisom: brez dotika po doskoku.

Obdobje po rekordnem poletu 200 m

Mednarodna smučarska zveza avstrijskemu letalcu Andreasu Goldbergerju rekordnega dosežka 202 m uradno ni priznala. Na uradnem tekmovanju Mednarodne smučarske zveze bi mladi skakalec s tem dosežkom lahko postal tudi svetovni prvak. Dosežene dolžine mu na uradnem svetovnem prvenstvu ne bi mogli razveljaviti. Torej, svetovni rekorder lahko postane olimpijski ali svetovni prvak, če pa se pri rekordnem poletu ob doskoku dotakne podlage, to ni več uradni rekordni dosežek. V atletiki postavi tekmovalec uradni svetovni rekord na 100 m tudi, če pade čez ciljno črto. Po pravilih FIS bi morali rekord s padcem razveljaviti. Zakaj Mednarodna atletska zveza ne razveljavi rekorda s padcem? Verjetno zaradi tega, ker v atletiki ni pravila doskoka v telemark. Mednarodna smučarska zveza bi se lahko ponovno lotila reševanja te problematike, vendar se to ne zgodi. Strokovnjaki bi morda lahko ločili dolžino skoka kot mehansko merilo uspešnosti skakalca od estetskega merila, ki odraža oceno lepote doskoka. Logično bi morali biti z vidika dolžine poleta vsi rekorderji z najdaljšimi poleti nagradjeni, tako pa so nekateri kaznovani. Morda bi morali veljati le rekordni skoki in poleti, izvedeni z doskokom v telemark. Mednarodno smučarsko zvezo pri nadaljnjem razvoju rekordnih dosežkov čakajo pomembnejši strokovni izzivi, kot je vprašanje priznavanja stoječega doskoka pri novi rekordni dolžini poleta. Prvo vprašanje je povezano z opredelitvijo pravila o velikosti letalnice in pomenom dela letalnice, ki se imenuje doskočišče. Slabi dve leti po zgodovinskem poletu 200 m leta 1994, natančneje 21. decembra 1996, je planiška letalnica pridobila nov petletni certifikat o homologaciji takratne letalnice. Kritična točka letalnice je bila določena pri točki K je 185 m ($P = 120$ m, $H : N = 0,624$, $Z_U = 130$ m, dolžina zaletišča 127,65 m, širina zaletišča 2,5 m, dolžina razdalje štartnih mest 33,65 m, naklon zaletišča 38,5 kotne stopinje, polmer loka na zaletišču od 113,2 do 167 m, predvidena zaletna hitrost 28,5 m/s, dolžina odskočne mize 7,65 m, naklon mize 10,5 kotne stopinje, naklon doskočišča v točki K 35,45 kotne stopinje, polmer loka R2 v izteku 125 m, širina letalnice v točki K 33,3 m, dolžina izteka 100 m). Takratna kritična točka, K 185 m, je sočasno odražala tudi točko velikosti skakalnice (HS). To pomeni, da je Andreas Goldberger pri svojem poletu 202 m to točko presegel za 17 m. Doskok je mladi Avstrijec opravil globoko v spodnjem prehodnem loku letalnice. Verjetno je bil to vzrok, da mu ni uspelo doskočiti brez dotika podlage. Takrat se je verjetno prvič pojavil velik razkorak med trenutno tehniko poletov, sposobnostmi letalcev in velikostjo letalnic. Mednarodna smučarska zveza bi se morala že takrat načrtno lotiti razreševanja tega razkoraka ob upoštevanju različnih vidikov in izzivov. Z uvedbo pravila 191 m in svojo avtoriteto so vodilni poskušali zatreti razkorak med velikostjo letalnice in težnjo po novih rekordnih poletih. Na svetovnem prvenstvu v poletih leta 1994 je to pravilo FIS že veljalo in žal povzročilo splošno nezadovoljstvo pri ljubiteljih poletov na smučeh, splošni in športni javnosti, predvsem pa pri tekmovalcih. Norveški skakalec Espen Bredesen je kar na tiskovni konferenci zamenjal svojo srebrno kolajno z bronasto, ki jo je osvojil Roberto Cecon. S tem so športniki sami povedali odločevalcem FIS, kaj si mislijo o njihovem ravnanju. FIS je pozneje to nesmiselno pravilo odpravila. Kljub nespametnemu omejevalnemu pravilu FIS na eni strani so prav njeni predstavniki v vodstvu tekmovanja na drugi strani dovolili Espenu Bredesenu komaj dan po zgodovinskem poletu prek 200 m poleteti kar 209 m. Športna javnost in številno občinstvo ob letalnicah in pred televizijskimi sprejemniki sta bila navdušena nad zgodovinskimi dosežki. Pozneje je bilo še vodstvo Mednarodne smučarske zveze zadovoljno, da mu ni uspelo zaustaviti razvoja rekordnih poletov. Poleti na smučeh so postali za množico ljubiteljev velik spektakel in tudi priložnost za uspešno trženje medijsko odmevnih prireditev. Magnet, ki najbolj privlači množico ljubiteljev poletov na smučeh in medije, je predvsem svetovni rekord. Včasih se zdi, da se lov za novimi rekordi dogaja preveč agresivno ne glede na ceno, ki so jo morali pri tem plačati nekateri letalci kot žrtve svojih ekstremnih rekordnih dolžin.

Marca 1997 so bile razmere za pripravo letalnice bratov Gorišek zaradi pomanjkanja snega in zahtev FIS po korekciji profila letalnice dokaj težavne. Prirediteljem je z izjemnimi naporii uspelo pripraviti letalnico, na kateri je Lasse Ottesen 22. marca 1997 poletel proti novemu svetovnemu rekordu 212 m.

Rekordni poleti so se na planiški letalnici v naslednjih letih kar vrstili. Nemec Martin Schmitt je 19. marca 1999 poletel 214,5 m. Njegov rekordni polet je dan pozneje Norvežan Tommy Ingebrigtsen povečal na 221,5 m. Leto dni pozneje, 16. marca 2000, je Avstrijec Thomas Hörl poletel 224,5 m. Istega leta, čez dva dni, je njegov reprezentančni kolega Andreas Goldberger poletel 225 m. Do novih rekordnih poletov je potem sledilo triletno zatišje.

Marca 2003 je bil na planiški letalnici 23. finale svetovnega pokala v smučarskih skokih z nizom novih rekordnih poletov. Največja skakalnica na svetu je bila odlično pripravljena. Že v prvi seriji uradnega treninga je Poljak Adam Malysz pred 15.000 gledalci izenačil svetovni rekord 225 m. V tretji kvalifikacijski seriji je finski skakalec Matti Hautamäki dosegel novo rekordno dolžino 227,5 m. Na prvem zgodovinskem ekipnem tekmovanju v smučarskih poletih so pred 15.000 gledalci zmago slavili finski letalci. Drugi tekmovalni dan je bilo v Planici fantastično vzdušje, ki ga je ustvarilo več kot 50.000 gledalcev. K temu je v poskusnem skoku z novim svetovnim rekordom 228,5 m pripomogel novi stari rekorder Matti Hautamäki. Na nedeljski tekmovalni dan je v sončni Planici pred več kot 30.000 gledalci v prvi tekmovalni seriji Fincu Mattiju Hautamäkiju uspelo ponovno izboljšati rekordno daljavo, tokrat na 231 m. Finski junak Planice je bil tudi zmagovalec obeh posamičnih tekmovanj. V Planici se je v štirih dneh poletov zbralo 120.000 gledalcev. Organizacija, vreme, skakalnica in razpoloženje so bili izvrstni. Praznik pod Poncami!

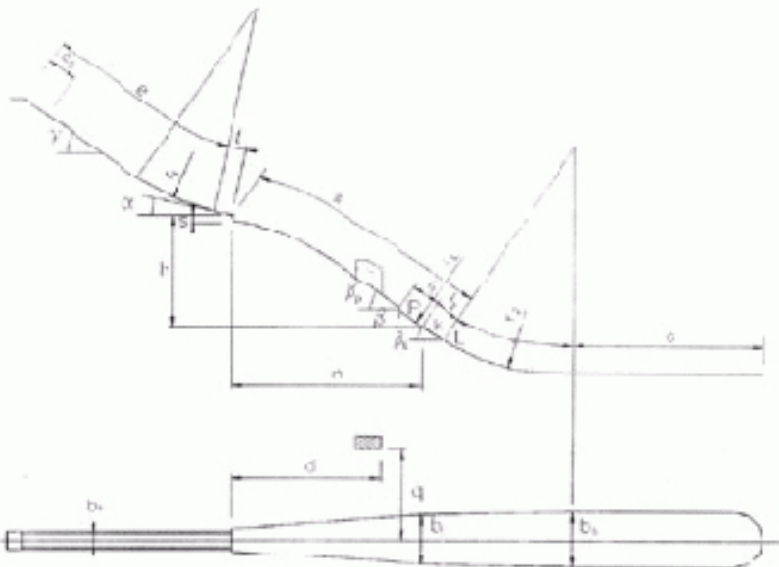
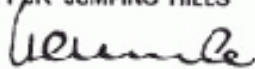
V Planici so leta 2004 letalnico bratov Gorišek povečali na velikost letalnice HS 215 m (Slika 14).

Slika 14: Letalnica bratov Gorišek, Planica 2005, HS 215 m, $Z_U = 130$ m



Nova velikost letalnice (Slika 15) je bila HS 215 m ($H/N = 0,612$, naklon odskočne mize $10,8$ kotne stopinje, naklon v točki K 185 m $33,8$ kotne stopinje, $Z_U = 130$ m).

Slika 15: Potrdilo o homologaciji za letalnico bratov Gorišek v Planici leta 2005

		FÉDÉRATION INTERNATIONALE DE SKI INTERNATIONAL SKI FEDERATION INTERNATIONALER SKI - VERBAND			
No.	FLY 3 / SLO		Schnepofil		
CERTIFICATE OF JUMPING HILL CERTIFICAT DE CONFORMITE SCHANZENPROFILBESTÄTIGUNG					
Date of issue Établi le Ausgestellt am	13.02.2004		Valid till Valable jusqu'au Gültig bis	31.12.2009	
Place:	Planica		Name:	Letalnica "Bratov Gorišek"	
L	215 m	h/n 0.612	Vo =	48,5 m/s	
					
e = 116.5 m	i ₁ = 17 m	P = 168 m			
e _c = 25 m	i ₂ = 30 m	K = 185 m			
t = 7.50 m	α = 130 m	L = 215 m			
γ = 38.5 °	β _P = 38 °	b _t = 3.0 m			
α = 10.3 ° (105°-11°)	β = 33.8 °	b _K = 33.30 m			
r ₁ = 100.32 m	β _L = 30.81 °	b _A = 36.20 m			
h = 95.89 m	r _L = 342.81 m	d = 101 m			
n = 158.63 m	r ₂ = 116 m	q = 27 m			
s = 2.0 m	Zu = 129.96 m				
JUMPING HILL APPROVED BY THE FIS TREMPLIN HOMOLOGUE PAR LA FIS DURCH DIE FIS GENEHMIGTE SPRUNGSCHANZE			SUB-COMMITTEE FOR JUMPING HILLS CHAIRMAN: 		

Povečana planiška letalnica je pomenila vrhunec projektantske uspešnosti Janeza Goriška. Uspelo mu je razviti vzdolžni profil letalnice HS 215 m, ki je bil priljubljen pri večini letalcev in privlačen za gledalce ob letalnici in tudi tiste pred televizijskimi zasloni.

Finale svetovnega pokala v poletih v Planici marca 2005 je bil spet zgodovinski. Letalnica bratov Gorišek je bila odlično pripravljena. Četrtekov neuradni trening si je ogledalo 5.000 gledalcev. Na uradni trening v petek in kvalifikacijsko serijo je prišlo okrog 15.000 gledalcev. Sobotno tekmo si je ogledalo približno 35.000 ljudi. Ti so neizmerno uživali v dolgih poletih. Vrhunec tekmovalne napetosti in dolgih poletov je prinesla nedeljska tekma 20. marca 2005. Ozračje ob letalnici se je po vročih dneh, ko je temperatura zraka dosegla tudi 20 stopinj Celzija, čez noč ohladilo. To je povzročilo nastanek pozitivne termike na letalnici, ki je naraščala od poskusnega poleta do konca druge finalne serije. Že v poskusnem skoku je norveški skakalec Tommy Ingebrigtsen pristal pri 231 m in izenačil svetovni rekord Mattija Hautamäkija. Rok Benkovič je z 226 m postavil nov slovenski državni rekord. Kmalu za njim je norveški letalec Björn Einar Romören postavil nov svetovni rekord 234,5 m. V finalni seriji ob 11.30 je prišel trenutek »maščevanja« nekdanjega svetovnega rekorderja Mattija Hautemäkija, ki je eno uro star rekord Norvežana Romörena podaljšal na 235,5 m. S tem se norveški letalec Björn Einar Romören ni sprijaznil in je že čez dobre tri minute preletel novo rekordno daljavo 239 m (Slika 16).

Slika 16: Svetovni rekord 239 m, Planica, 20. marec 2005, Björn Einar Romören



Po rekordnem poletu Norvežana je z istega zaletnega mesta poletel še finski letalec Janne Ahonen. Pristal je pri kar 240 m in po doskoku padel.

Minilo je šest let do izboljšanja svetovnega rekorda v smučarskih poletih. Na prenovljeni letalnici HS 225 m v Vikersundu je 11. februarja 2011 to uspelo Norvežanu Johanu R. Evensonu. V prvi seriji je poletel rekordnih 243 m in nato v naslednji seriji še 246,5 m. Na isti letalnici je Peter Prevc 14. februarja 2015 pristal pri 250 metrih. En dan star rekord je 15. februarja 2015 za meter in pol (251,5 m) izboljšal norveški letalec Anders Fannemel. Njegov reprezentančni kolega Robert Johansson je dve leti pozneje, 18. marca 2017, poletel 252 m. Isti dan je odlični avstrijski letalec Stefan Kraft dosegel 253,5 m. Njegov rekordni polet je bil po osmih letih presežen na planiški letalnici. Slovenski letalec Domen Prevc je 8. marca 2025 poletel 254,5 m in s tem postal tudi aktualni svetovni rekorder v poletih na smučeh.

DRUGO POGLAVJE

OBDOBJE ZADRŽANEGA IN NEVARNEGA RAZVOJA REKORDNIH POLETOV PREK 240 METROV

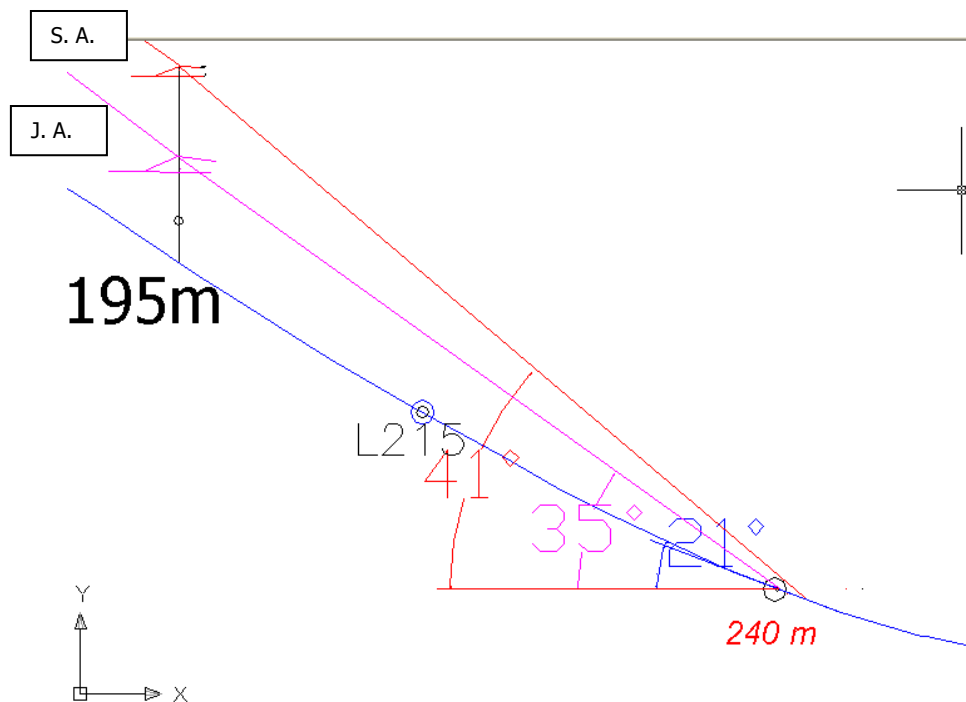
Rekordni smučarski polet Norvežana Björna Eiderja Romörena 239 m, dosežen v Planici 20. marca 2005, je bil tudi zadnji, ki je minil na robu varnega poleta in predvsem varnega doskoka. Ta takrat hipotetična misel se je empirično potrdila že nekaj minut po odličnem dosežku norveškega letalca. Tega se tistega nedeljskega dne ni dovolj zavedala žirija tekmovanja. V navalu veselja ob večkratnem izboljšanju svetovnega rekorda je naredila veliko napako, ki je bila skoraj usodna za finskega skakalnega junaka Janneja Ahonena. Žirija tekmovanja je bila po svetovnem rekordu norveškega letalca pod velikim pritiskom. Na vrhu skakalnice je bil pripravljen najboljši skakalec sezone, svetovni prvak z velike skakalnice iz Oberstdorfa in vrhunski finski letalec Janne Ahonen. Do nedelje ni kazal posebne želje po dolgih skokih, v prvi tekmovalni seriji pa je bil z 233,5 m najdaljši, in to ob slabi vetrovni termiki. Žirija je finskemu šampionu dovolila polet z enakega zaletišča kot pred njim svetovnemu rekorderju. Verjetno se ni zavedala, kaj bi kljub jasnim pravilom FIS, ki takega ravnanja ne priporoča, s tem dejanjem lahko povzročila. Finski skakalec je opravil enega svojih popolnih skokov, s kakršnimi je v takratni tekmovalni sezoni 12-krat premagal vso svetovno konkurenco. Z odskočne mize je poletel s točnim, ekstremno močnim odzivom in v dovršenem aerodinamičnem vzletnem položaju. Kmalu je bilo jasno, da gre za zgodovinski polet. Poleg odličnega finskega smučarja letalca je bilo s previsoko odmerjenim zaletom za to zaslužno vodstvo tekmovanja. Višina leta je stalno naraščala. Ko je letel prek znamke 200 in 220 m, je bilo jasno, da bo njegova največja težava varen pristank v osrednjem delu spodnjega radiusa planiške velikanke. Janne Ahonen je zadnjih deset metrov poskušal zavirati in skrajšati polet. Vpadni kot finskega skakalca (kot med tangento krivulje leta in strmino doskočišča v točki doskoka) je bil pri pristanku prevelik (približno 14 kotnih stopinj), tako da ekstremno velikega pritiska ob doskoku ni mogel premagati (Slika 17).

Slika 17: Zaključni del leta Janneja Ahonena pri poletu 240 m leta 2005



Vpadni kot doskoka je bil visok (Slika 18).

Slika 18: Visok vpadni kot Janneja Ahonena pri poletu 240 m



Pri doskoku je moral finski letalec premagati silo pritiska na telo v velikosti približno 5580 N, kar je pomenilo približno 7,44-kratnik teže njegovega telesa in opreme (Slika 19).

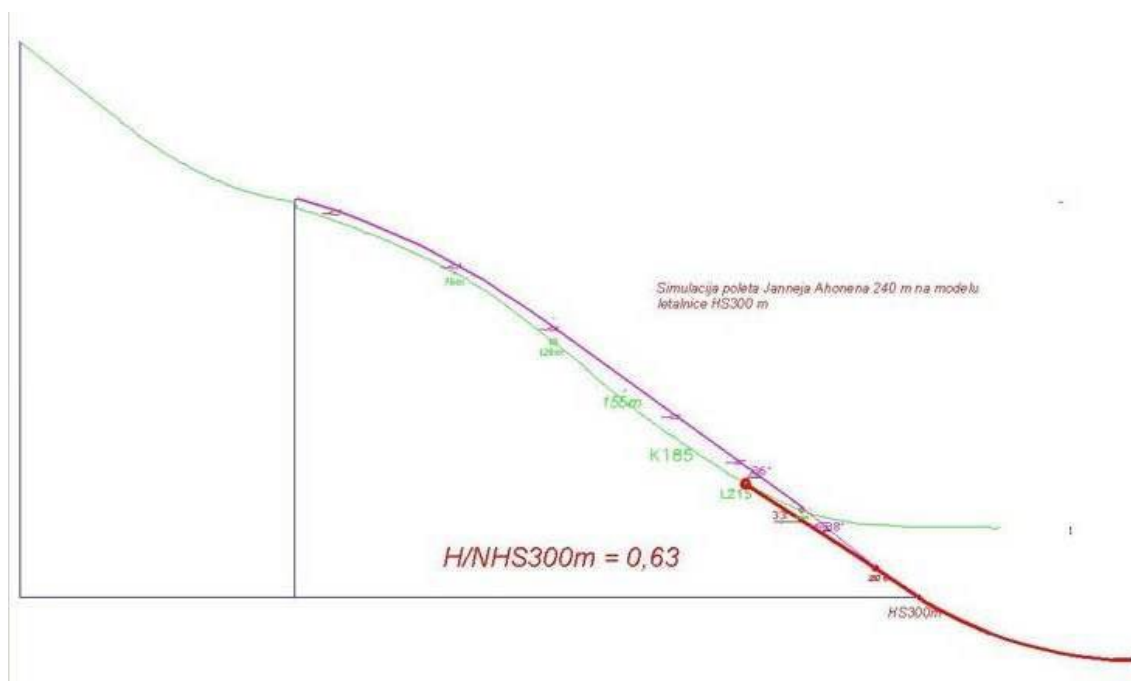
Slika 19: Pritisk na podlago (približno 5580 N/s) ob doskoku pri 240 m je Janne Ahonen še najbolj občutil na svojem hrbtu



Pri doskoku sta na telo finskega letalca delovali še sila trenja in centrifugalna sila. Vse delujoče sile so v oteženem inercialnem sistemu porušile ravnotežje skakalca pri doskoku. Posledica je bil nevaren padec na hrbet (Slika 39). Sila pritiska ob doskoku se je pri padcu prenesla na ta del telesa, ki je prevzel največji del sprejete kinetične energije.

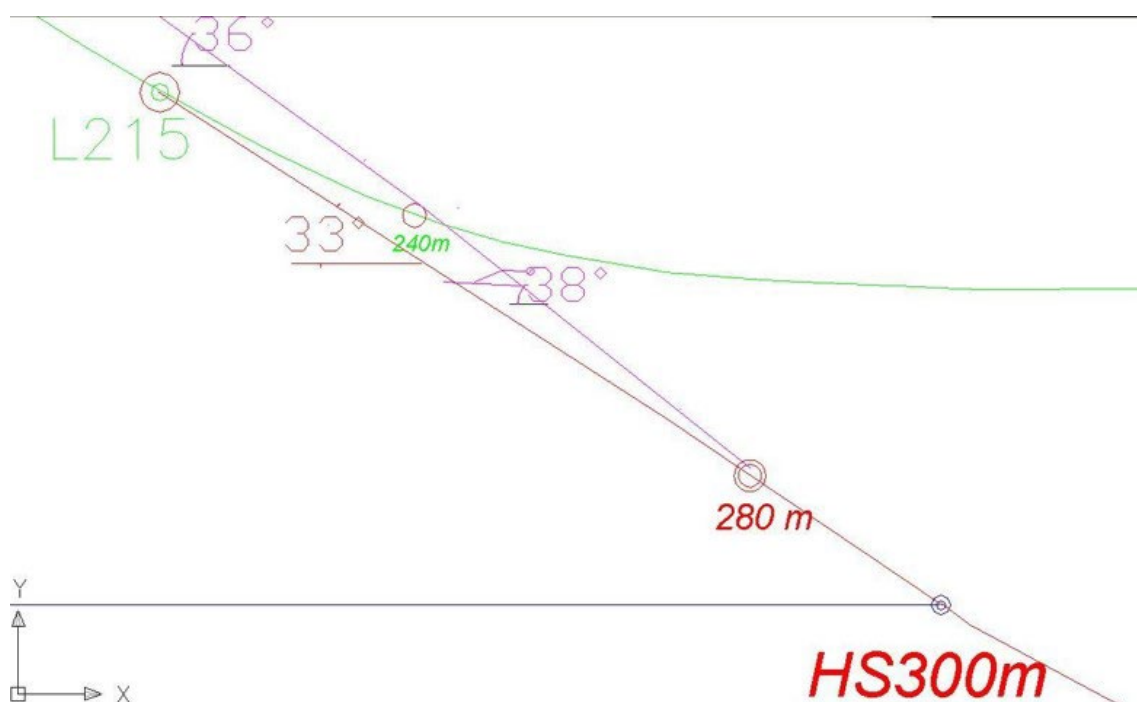
Ob upoštevanju predpisanih standardov letalnice bi bil doskok Janneja Ahonena pri dolžini poleta 240 m varen, če bi se v tej točki letalnice strmina doskočišča povečala z 21 kotnih stopinj na vsaj 31 kotnih stopinj. Tej strmini bi moral slediti spodnji lok v velikosti radija najmanj 105 m. To pomeni, da bi se morala planiška letalnica v spodnjem loku poglobiti vsaj za 6 m v vertikalni smeri. Ahonenova krivulja leta je bila precej višja od krivulje leta norveškega rekorderja Björna Einarja Romörena pri poletu 239 m. Bila je tako visoka, da bi na takratni enostavno podaljšani oziroma povečani planiški letalnici omogočila polet, dolg 280 m (Slika 20).

Slika 20: Simulacija leta Janneja Ahonena na 280 m (na podlagi krivulje njegovega poleta 240 m) na enostavno povečani letalnici



Če bi bila planiška letalnica HS 215 m konstruirana tako, da bi bila tangentna strmina, dosežena v točki L 215 m, podaljšana do razdalje 300 m, bi finski letalec lahko dosegel dolžino poleta približno 280 m (čas njegovega poleta bi se podaljšal za približno 1,4 sekunde). Pri doskoku bi imel na povečani letalnici HS 300 m vpadni kot 5 kotnih stopinj (Slika 21).

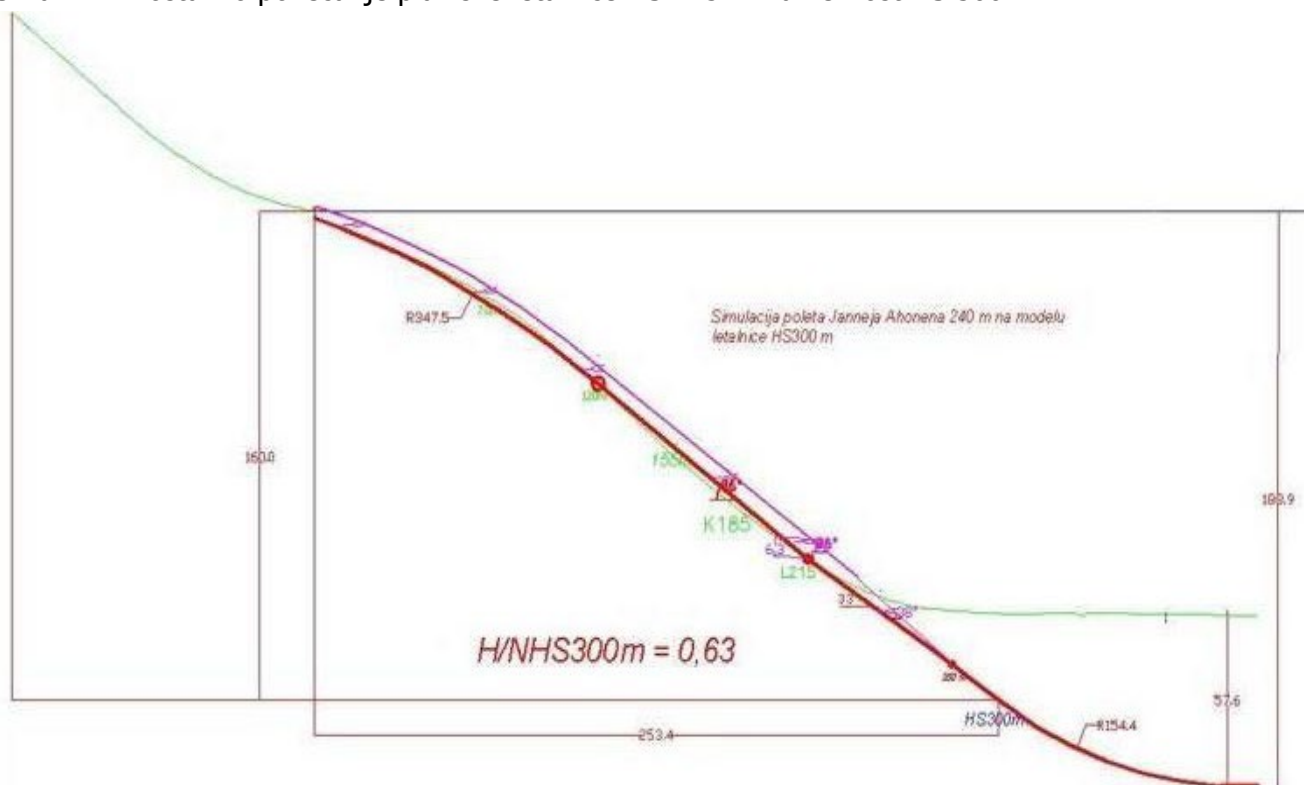
Slika 21: Vpadni kot pri simuliranem poletu Janneja Ahonena 280 m na povečani letalnici HS 300 m bi bil približno 5 kotnih stopinj



Po zaviranem in skrajšanem poletu na planiški velikanki je finski šampion Janne Ahonen doskočil pri 240 m in padel. Bil je prvi človek v zgodovini, ki je na smučeh preletel mejo 240 m. S tem je odprl novo poglavje in vprašanje, ali lahko smučarski skakalec poleti tudi prek 240 m, morda celo do magične meje 300 m.

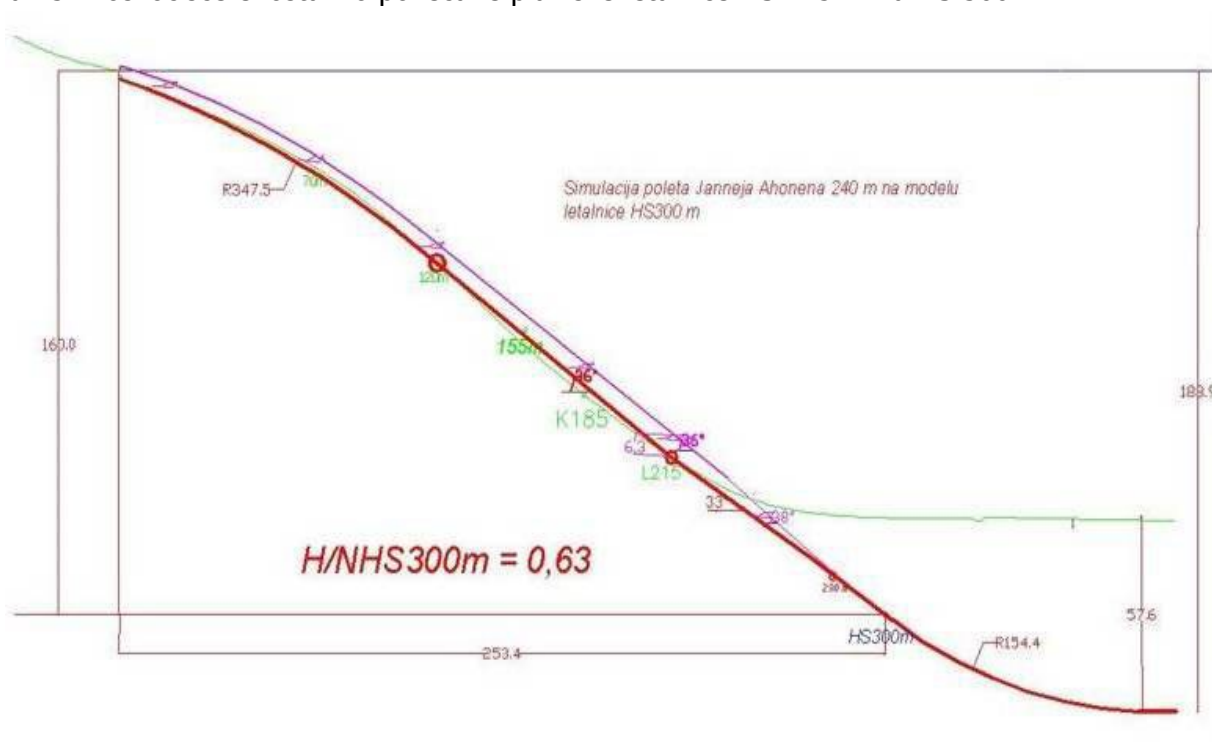
Za polet 300 m bi moral Janne Ahonen dvigniti krivuljo leta za približno 2,5 m v točki K pri 200 m (to bi pomenilo višino leta 7,5 m). Rekordni polet bi se lahko zgodil, če bi se planiška letalnica HS 215 m povečala za 85 m – med točkama HS 215 m in HS 300 m (Slika 22).

Slika 22: Enostavno povečanje planiške letalnice HS 215 m na velikost HS 300 m



Doskočišče bi se lahko povečalo z ravno ali ločno obliko doskočišča (Slika 23). Letalnica HS 215 m bi se morala na doskočišču podaljšati v horizontalni smeri za približno 60 m in razširiti za približno 20 m.

Slika 23: Doskočišče enostavno povečane planiške letalnice HS 215 m na HS 300 m



Leta 2004 je bil v reviji Šport objavljen članek z naslovom Planiške skakalnice na razpotju minljivega časa svoje slave (Jošt, 2004). Po zrušitvi hrbitišča Bloudkove velikanke leta 2001 je Slovenija ostala

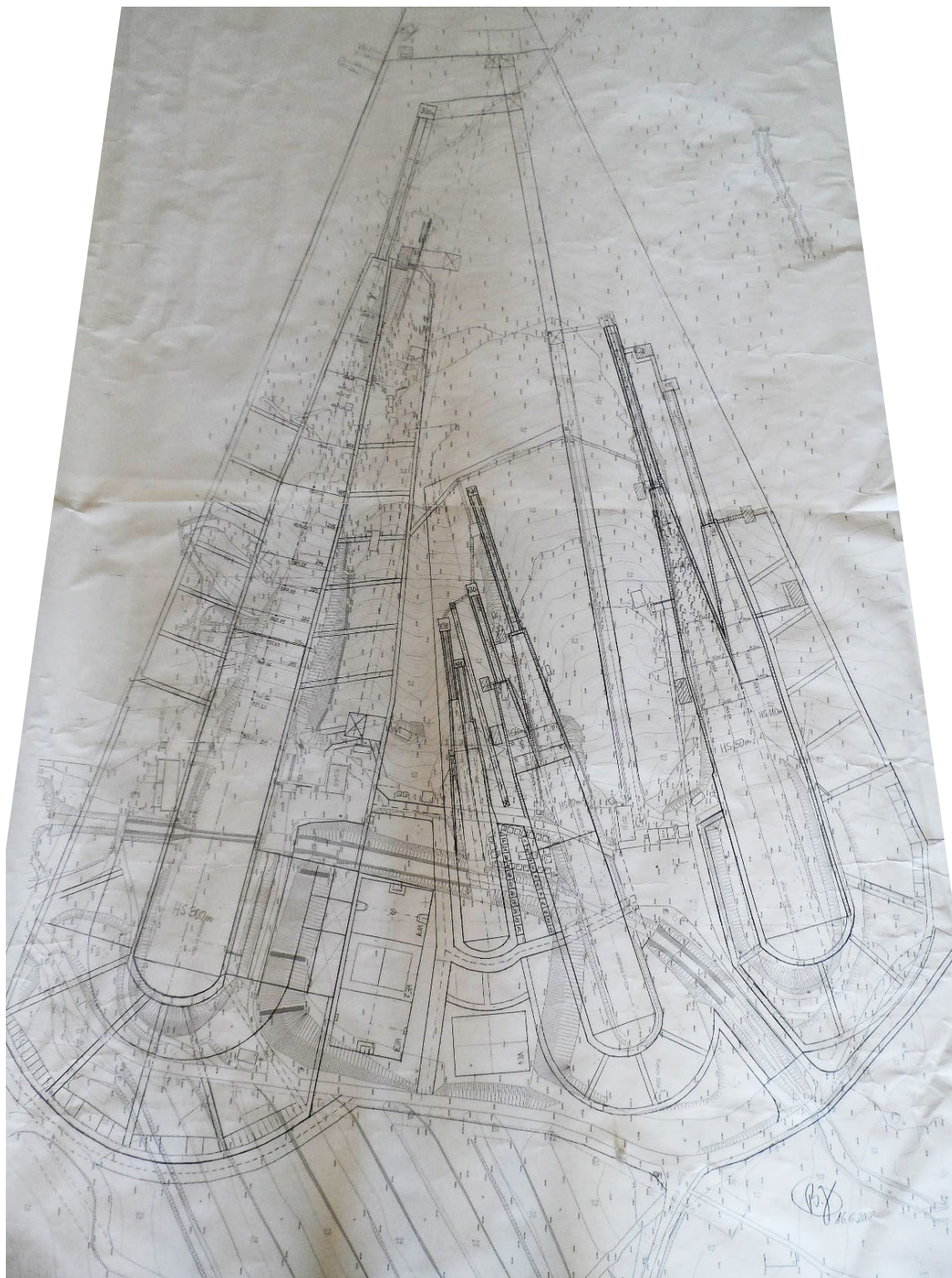
brez edine velike olimpijske skakalnice K 125 m. Obnovitev porušenega hrbišča bi bila nesmiselna in ne bi rešila ničesar. Skakalnica je bila preveč zastarela. Po precej polemičnih razpravah je strokovni svet za skoke in nordijsko kombinacijo pri SZS v letu 2004 podprl idejo o povsem novem konceptu razvoja osrednjega nacionalnega skakalnega centra v Planici. Leta 2006 je bil narejen idejni projekt celovitega razvoja planiških skakalnic in letalnice (Slika 24). V sklopu prenove skakalnega centra so bile načrtovane nove skakalnice (K 10 m, K 20 m, K 30 m, K 50 m, K 80 m, K 95 m in K 125 m) in prenova letalnice z njenim možnim povečanjem na velikost HS 300 m. Projekt je bil na predlog strokovnega sveta za skoke in nordijsko kombinacijo ter odbora za skoke in nordijsko kombinacijo soglasno sprejet na izvršilnem odboru SZS 3. maja 2007. Projekt z načrtom vzdolžnih profilov skakalnic K 95 m in K 125 m, je potrdil pododbor za smučarske skakalnice pri Mednarodni smučarski zvezi na redni seji 26. marca 2007 v Engelbergu v Švici. Ena od možnosti je bila prenoviti Bloudkovo velikanko v sodobno mini letalnico z možnimi poleti do dolžine 150 m.

Pri težko razumljivih birokratskih pogojih FIS bi Bloudkova velikanka lahko obdržala tudi prvotno vertikalno razdaljo med robom odskočne mize in najnižjo točko izteka skakalnice $Z_U = 93$ m. S to razdaljo bi lahko bila planiška skakalnica po velikosti enaka največjima skakalnicama v Neustadtu (HS 142 m) in Willingenu (HS 145 m) v Nemčiji. Pozneje je bila zgrajena manjša skakalnica pri dopustni razdalji $Z_U = 88$ m. Danes, po 18 letih, je Mednarodna smučarska zveza končno spoznala, da bi bile tudi te mini letalnice lahko dragocen prispevek h krepitvi priljubljenosti smučarskih skokov, zato je pravilo $Z_U = 88$ m odpravila.

Polet finskega letalca Janneja Ahonena 240 m na planiški letalnici HS 215 m leta 2005 je šel v zgodovino vrhunskih dosežkov v smučarskih poletih kot nepomemben mejnik. Nekateri bi radi ta dosežek kar pozabili. Cena predolgega poleta je bila za finskega skakalca zelo visoka. S tem poletom je Janne Ahonen vsej svetovni javnosti dokazal, da je bila takratna letalnica za uspešno izvedbo njegovega poleta preprosto premajhna. Točko velikosti letalnice HS 215 m je preletel za 25 m. Prav ta polet je pokazal na nujno potrebo po gradnji večjih letalnic. Pristojnim pri Mednarodni smučarski zvezi je poslal sporočilo, da bodo vsi nadaljnji poskusi povečanja svetovnega rekorda na letalnicah velikosti HS 215 m zelo nevarni za smučarje letalce. Mednarodna smučarska zveza FIS se je tega dejstva zavedala, resnejšega koraka pri konceptualnem razvoju in povečanju letalnic pa ni naredila. Prvi odziv FIS je bila zaostritev kontrole vzdolžnih profilov letalnic na terenu.

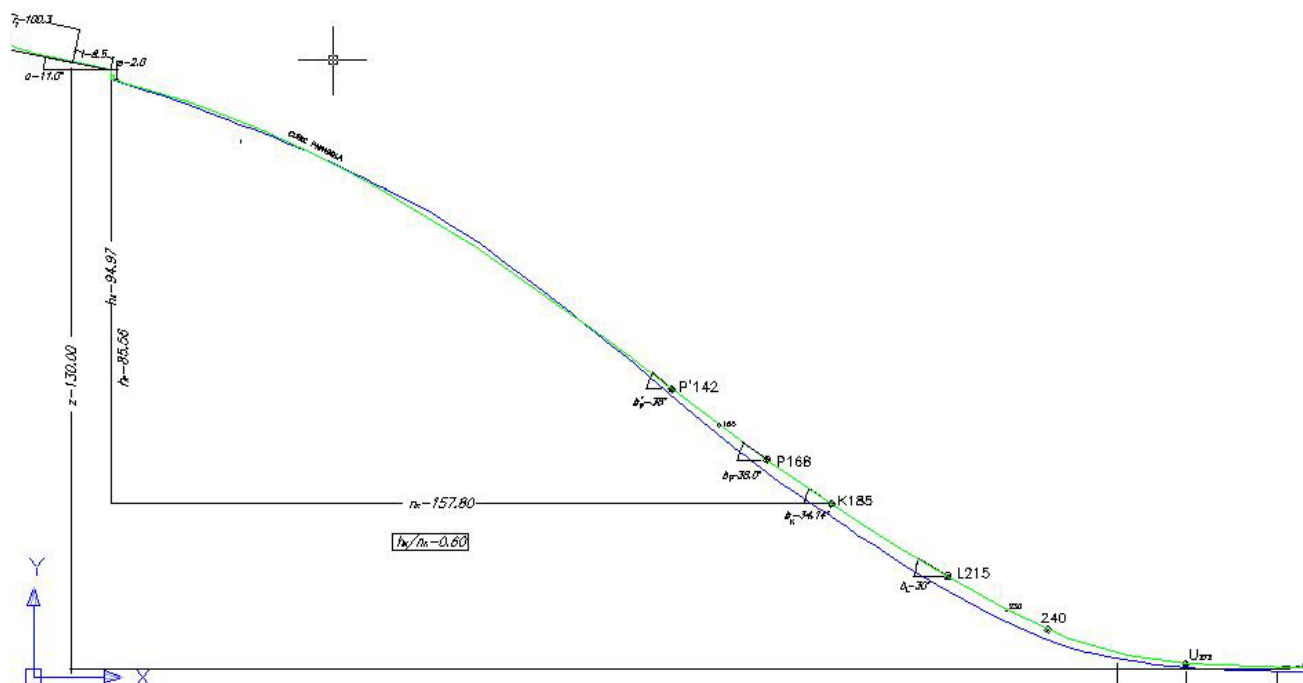
Mednarodna smučarska zveza je po letu 2005 povečala nadzor nad gradnjo vzdolžnih profilov skakalnic in letalnic. Zahtevala je postavitev določenih markerjev oziroma točk za kontrolo geometrijskih razsežnosti profilov. V zimskih razmerah je bil lahko vzdolžni profil doskočišča letalnice odvisen tudi od količine snežne podlage na doskočišču in predvsem na spodnjem prehodnem loku letalnice. Snežni profil letalnice se lahko zelo spreminja in s tem tudi vzdolžni profil letalnice. Letalnica lahko glede na debelino snežne podlage omogoča daljše ali krajše polete.

Slika 24: Idejni načrt mogočega celostnega razvoja planiških skakalnic in letalnice HS 300 m leta 2006



V sezoni 2008/2009 je bila planiška letalnica znova prizorišče finala svetovnega pokala v smučarskih skokih in poletih na smučeh. Planiška letalnica HS 215 m je bila takrat na spodnjem delu doskočišča pokrita z izjemno debelo snežno odejo, ki je znatno vplivala na geometrijo vzdolžnega profila doskočišča letalnice (Slika 25).

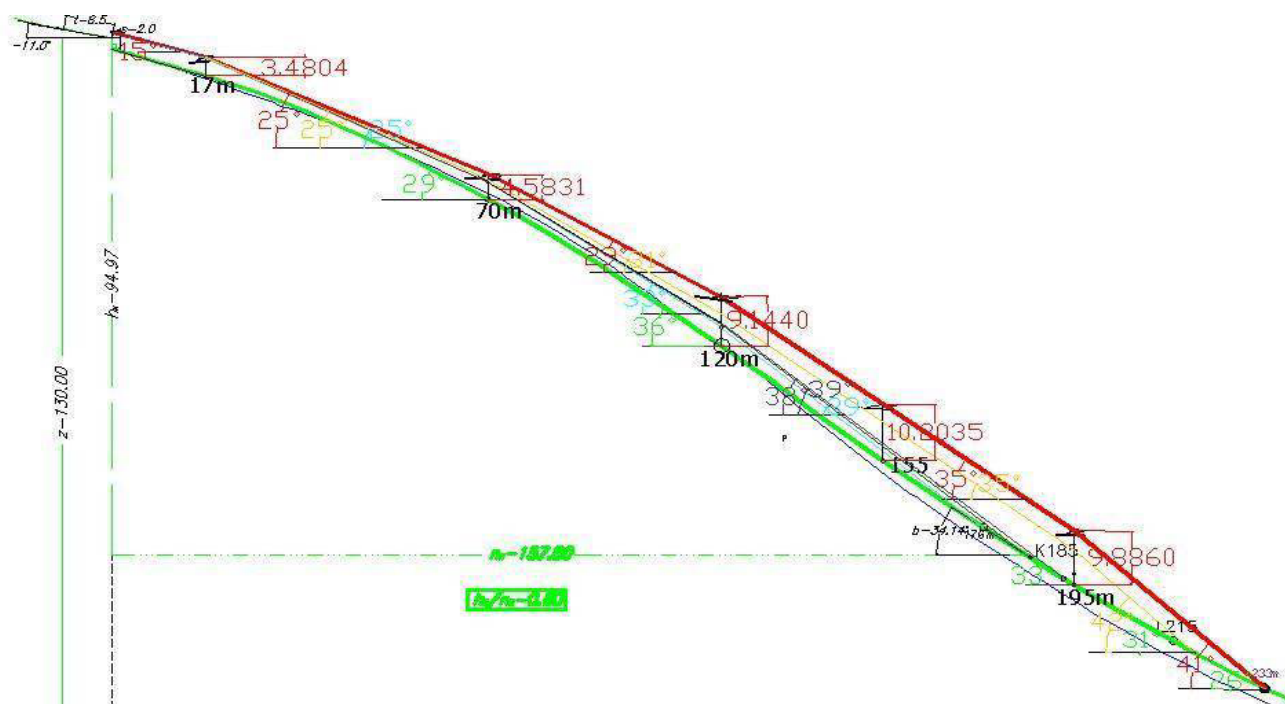
Slika 25: Snežni profil planiške letalnice na finalu svetovnega pokala v Planici leta 2009



V točki možnega novega svetovnega rekorda 240 m je bila letalnica prekrita z dvema metroma snežne podlage. Ta je bila na doskočišču, v točki HS 215 m, visoka celo 2,7 m. Debela snežna podlaga je spremenila tudi strmino doskočišča. Naravni teren doskočišča letalnice na dolžini doskočišča 142 m je imel 41 kotnih stopinj naklona. S snegom pokrita letalnica je imela marca 2009 pri 142 m kar 39 kotnih stopinj naklona doskočišča. Osnovni naravni profil letalnice je bil v osrednjem delu doskočišča prestrm za sedanjo tehniko smučarskih skokov. Zato bi bilo v tem delu doskočišča letalnice potrebno visoko nasutje. To bi pri pripravi letalnice na tekmovanje terjalo zelo velike napore organizatorjev. V točki velikosti letalnice HS 215 m je bila strmina letalnice 30 kotnih stopinj. Naklon letalnice se je nato hitro zmanjšal in je v točki 230 m znašal le še 28 kotnih stopinj, v točki 240 m pa le še 24 kotnih stopinj (Slika 26). Pri tako nizkem naklonu doskočišča bi bil poskus doseganja novega svetovnega rekorda dokaj nevaren.

38

Slika 27: Grafični prikaz višine krivulje leta Simona Ammanna 233 m



V točki 17 m za robom odskočišča (Slika 28) je imel Simon Ammann nadpovprečno višino leta (3,48 m) in nizek aerodinamični indeks zračnega upora v horizontalni smeri letenja. Kot letenja med osjo kolčnega sklepa na robu odskočne mize in točko 17 m je znašal 16 kotnih stopinj.

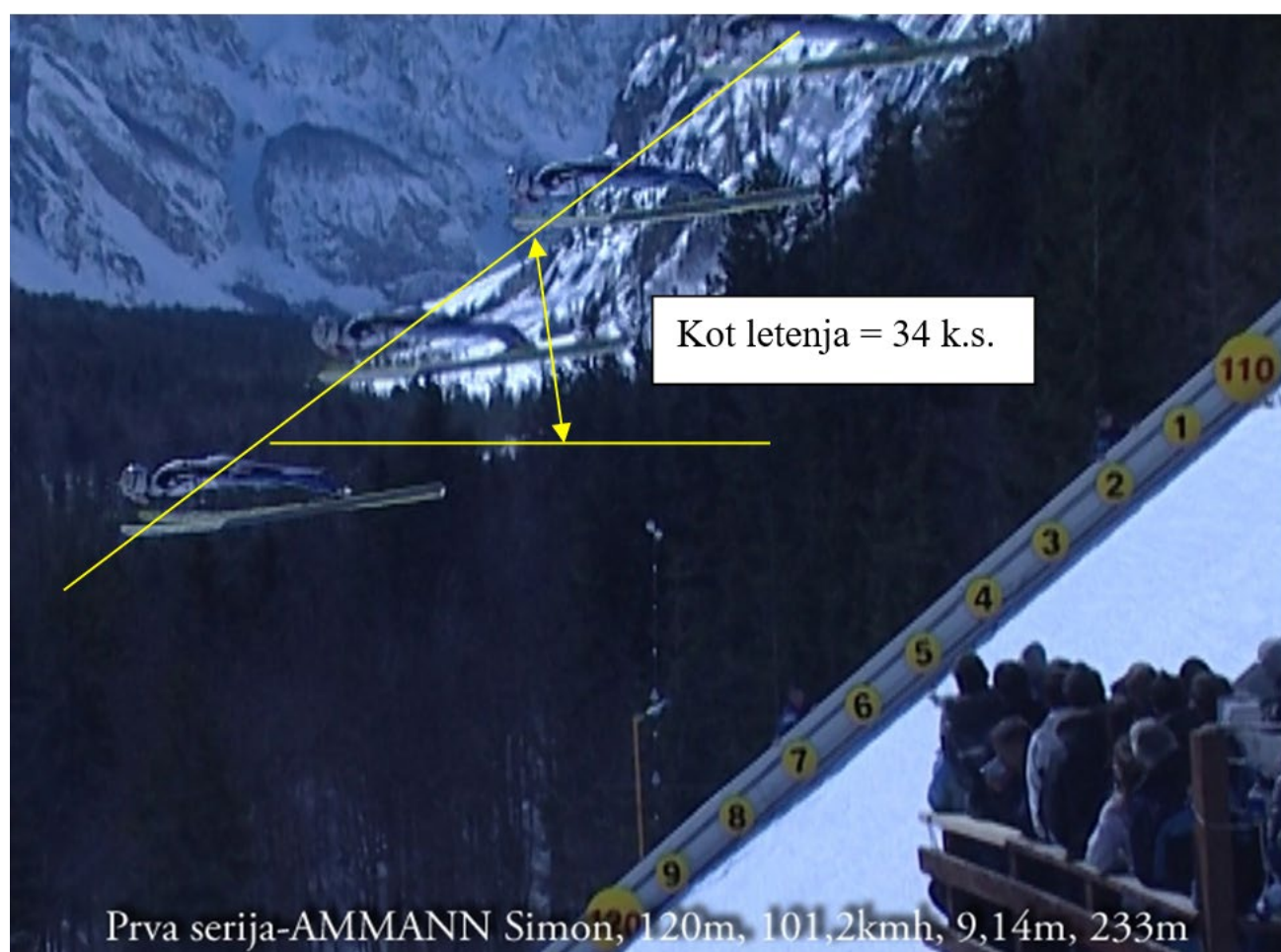
Slika 28: Faza vzleta Simona Ammanna pri poletu 233 m leta 2009



Faza vzleta pri najdaljšem poletu Simona Ammanna 233 m je minila v hitrem prehodu v ugodno aerodinamično držo telesa in smuči. V točki 17 m za robom odskočne mize je vzpostavil položaj letenja, pri katerem je maksimiral učinke aerodinamičnega vzgona sistema »telo-smuči« (kot med trupom in krivuljo leta je znašal 24 kotnih stopinj, kot med desno smučko in krivuljo leta je bil 26 kotnih stopinj, kot med levo smučko in krivuljo leta pa 23 kotnih stopinj). Iztegnitev telesa v bokih je znašala 160 kotnih stopinj.

Višina krivulje leta Simona Ammanna je v prvi tretjini leta naraščala. V točki 70 m za robom odskočne mize še ni dosegel najvišje vrednosti med letalci (Jošt, Vodičar, Štuhec in Vertič, 2009). To se je zgodilo pri točki 120 m, ko je letalec pri povprečnem kotu letenja 28 kotnih stopinj že dosegel znatno višjo krivuljo leta kot drugi skakalci (Slika 29).

Slika 29: Kinogram poleta Simona Ammanna na 233 m v točki 120 m



Višina leta Simona Ammanna pri poletu 233 m je bila v točki 120 m preprosto previsoka in je zaradi nizkega kota letenja (približno 34 kotnih stopinj) še naraščala (Slika 30). Najvišjo vrednost je dosegla nekje v točki dolžine leta 140 m (višina leta je bila približno 10 m).

Slika 30: Simon Ammann pri poletu 233 m v točki 140 m za odskočno mizo



Simon Ammann je pri poletu 233 m letel v točki 120 m na višini 9,2 m, njegov kolega Janne Ahonen je leta 2005 pri rekordnem poletu 240 m s padcem letel v omenjeni točki poleta na višini približno 7,5 m (Slika 31).

Slika 31: Levo – televizijski posnetek poleta Janneja Ahonena, 240 m, leto 2005 (ZH 103,8 km/h); desno – televizijski posnetek leta Simona Ammanna, 233 m, leto 2009 (ZH 101,2 km/h)



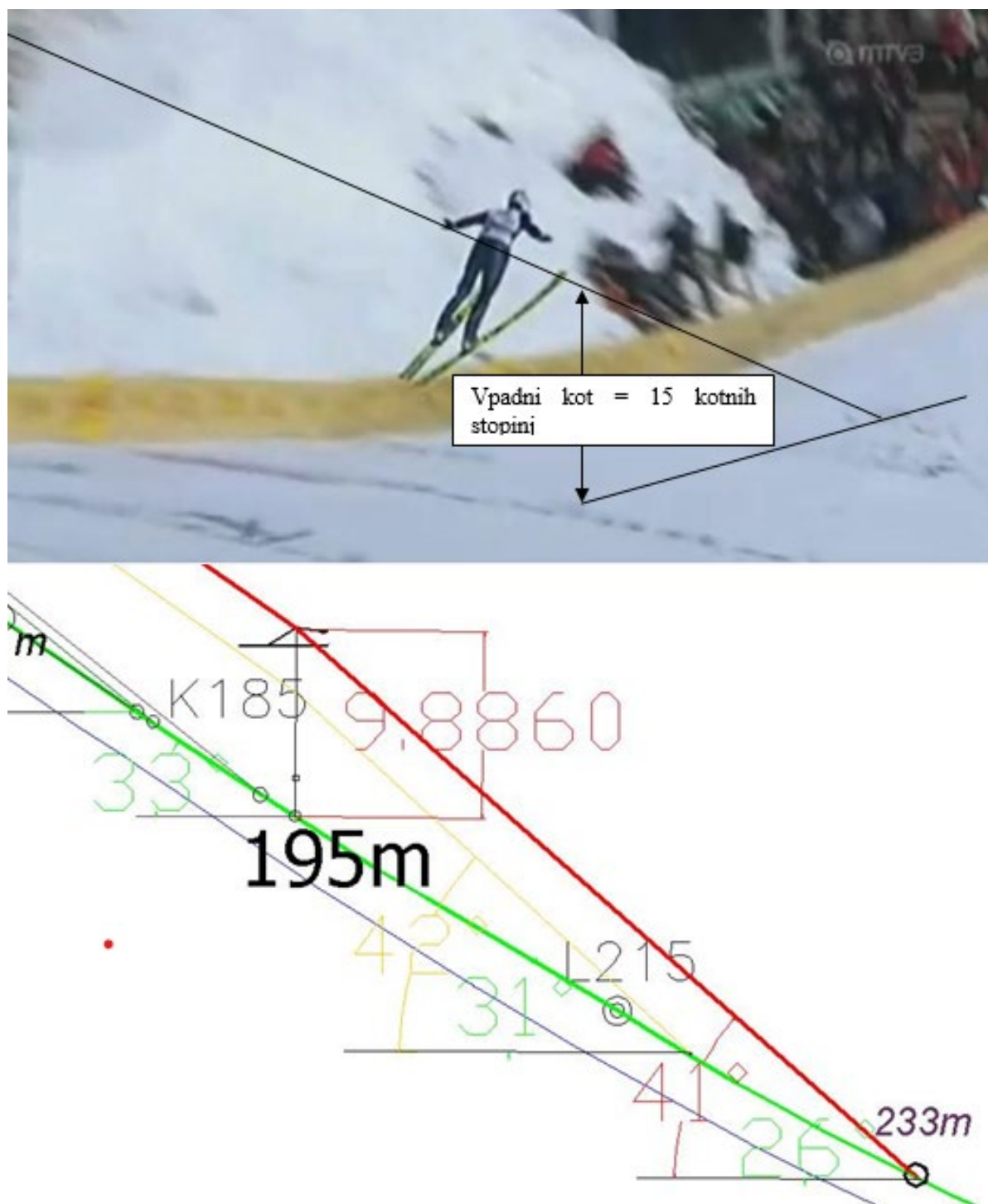
Med letom Simona Ammanna mimo točke K na 185 m se je višina krivulje leta zaradi povečanega kota letenja (približno 36 kotnih stopinj) in bolj blage strmine doskočišča letalnice začela rahlo zniževati (Slika 32).

Slika 32: Kinogram poleta Simona Ammanna na 233 m v točki 195 m



Višina leta v točki K200 je bila še vedno izjemno visoka, zato je bil vpadni kot krivulje leta (15 kotnih stopinj) za varen doskok prevelik (Slika 33). Skakalec je zato predčasno, že pri 215 m, prišel v položaj, ki ga sicer vzpostavi tik pred doskokom.

Slika 33: Vpadni kot pri doskoku Simona Ammanna pri poletu 233 m je bil prevelik (na zgornji sliki položaj skakalca med letom pri 215 m)



Navidezno je bil doskok letalca pri 233 m povsem normalen (Slika 34). V resnici pa je letalec šele ob prvem stiku s podlago začutil močan pritisk na telo, ki ga je povzročil prevelik vpadni kot letenja v zadnjih 30 metrih poleta.

Slika 34: Simon Ammann med doskokom pri 233 m



Že po nekaj metrih drsenja je sila pritiska naredila svoje. Skakalec je poskušal velik pritisk ublažiti z amortizacijskim gibanjem, v katerem so delovale antigravitacijske mišične skupine v vseh ključnih sklepih telesa (Slika 35).

Slika 35: Simon Ammann med doskokom pri 235 m



Pritisk na skakalca je bil kljub njegovemu prizadevanju, da ga premaga, prevelik in sledil je dotik z rokami v globokem počepu (Slika 36). V tej točki doskoka se je pritisk močno znižal, kar je Simonu Ammannu omogočilo varen zaključek doskoka in prehod v vožnjo v iztek. Žal takšne sreče pri rekordnem poletu 240 m leta 2005 ni imel Janne Ahonen. Njegov doskok se je zaradi prevelikega pritiska ob doskoku končal s hudim padcem in na srečo brez usodnih telesnih poškodb.

Slika 36: Simon Ammann ob dotiku s podlago po doskoku pri 245 m



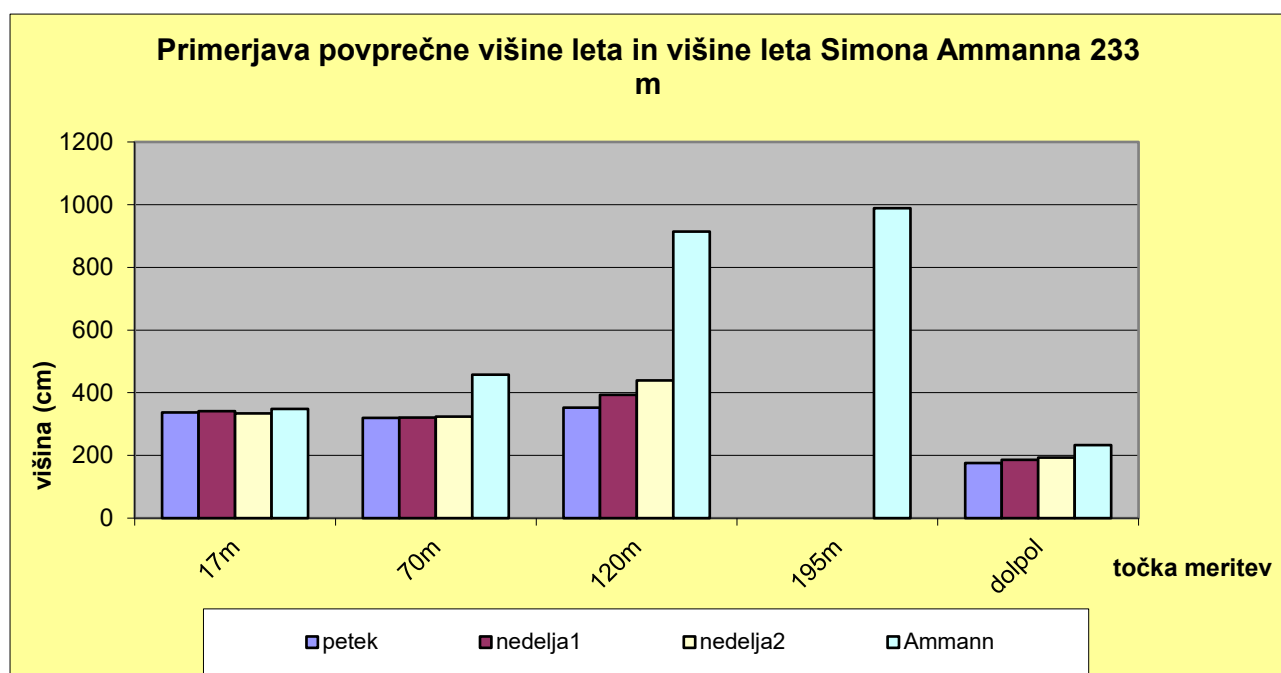
Vpadni kot pri doskoku (15 kotnih stopinj) je bil za Simona Ammanna izjemno velik (normalno meri od 3 do 6 kotnih stopinj). Povzročil je velik pritisk na telo ob doskoku in zato dotik skakalca s snegom. Na srečo je skakalec dovolj zgodaj začel pripravo na doskok in namerno skrajšal svoj polet, ki bi se zanj lahko nevarno končal.

Kot letenja Simona Ammanna v zaključni fazi leta je bil 41 kotnih stopinj. Na normalnem snežnem profilu letalnice HS 215 m bi lahko poletel celo 241,5 m.

Vpadni kot pri doskoku Simona Ammanna bi se na naravnem nesnežnem profilu letalnice povečal na 21 kotnih stopinj. Pritisk na telo Simona Ammanna bi bil pri doskoku velik (v časovnem intervalu 1 sekunde bi znašal pritisk na podlago 7035 N, kar bi pomenilo približno 10-kratnik teže telesa in opreme skakalca). Takšen skrajno velik pritisk na podlago bi verjetno povzročil padec skakalca ob doskoku. Prav ta ekstremna situacija v želji po izboljšanju svetovnega rekorda postavlja letalca v absurdni položaj. Njegova tehnika poleta bi mu že omogočila rekordni polet, letalnica HS 215 m pa mu tega ni dovolila. S poletom 233 m je Simon Ammann dokazal, da ni več ovir za precej daljše polete, morda tudi za polet prek magične meje 300 m.

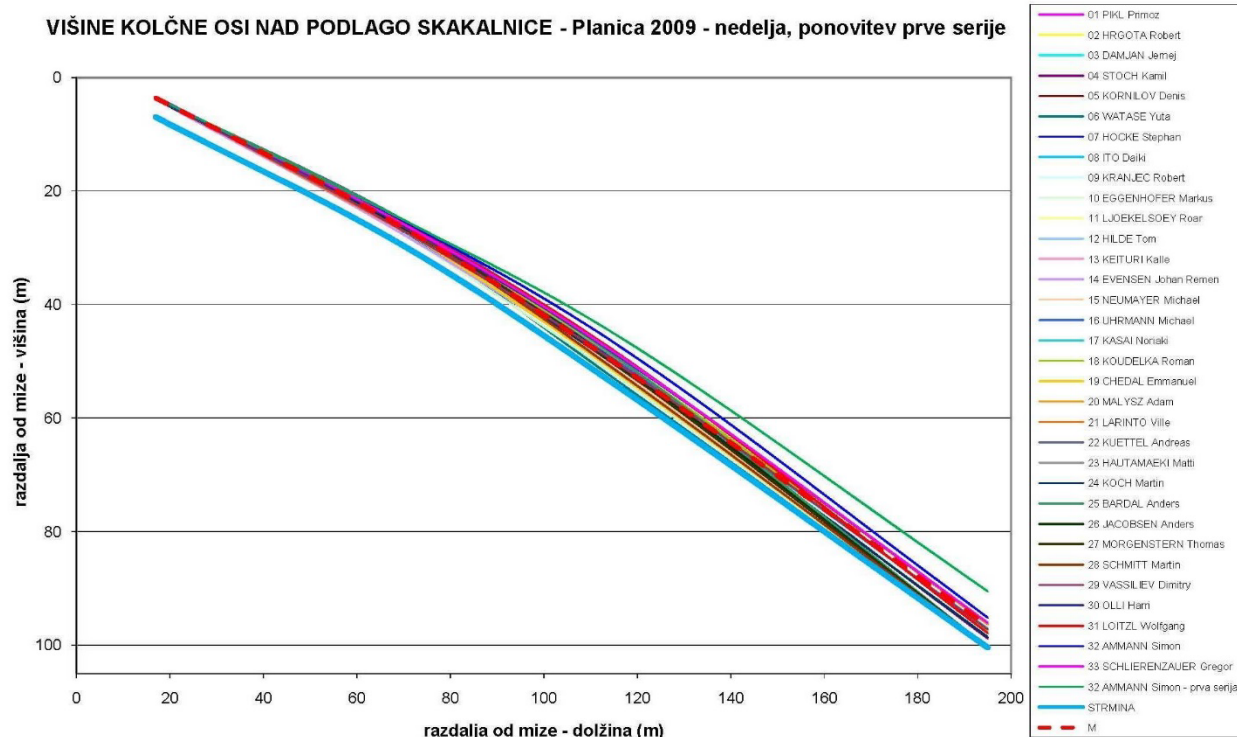
Razsežnost ekstremnega poleta Simona Ammanna 233 m se vidi tudi iz grafičnega prikaza vseh poletov na nedeljski tekmi pri ponovljeni prvi seriji poletov (Slika 37).

Slika 37: Primerjava povprečne višine leta in višine leta Simona Ammanna pri poletu 233 m



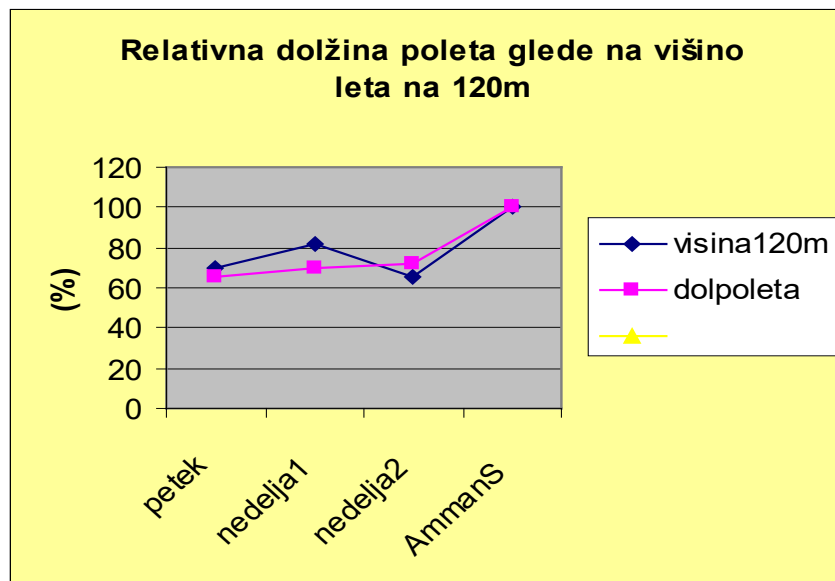
Višina poleta Simona Ammanna je bila za tedanjo velikost letalnice HS 215 m previsoka (Slika 38).

Slika 38: Grafični prikaz višine krivulje leta glede na vertikalno višino roba odskočne mize, nedelja, prva serija poletov, polet Simona Ammanna 233 m



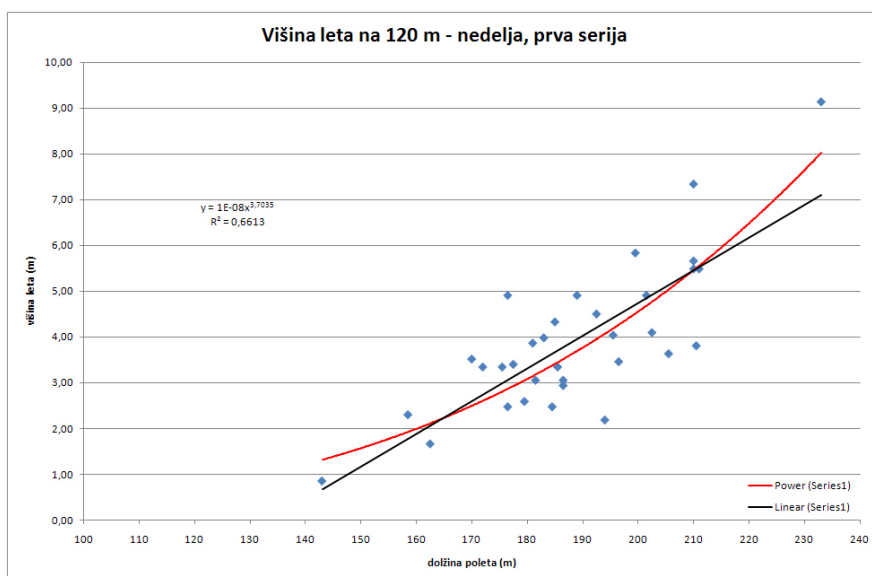
Pri poletu švicarskega skakalca je po 120 m letenja prišlo do močnega odmika od linearne regresijske premice (Slika 39).

Slika 39: Dolžina simuliranega poleta Simona Ammanna 303 m v primerjavi z najdaljšimi poleti v vseh treh tekmovalnih serijah (relativna primerjava glede na višino krivulje leta v točki 120 m)



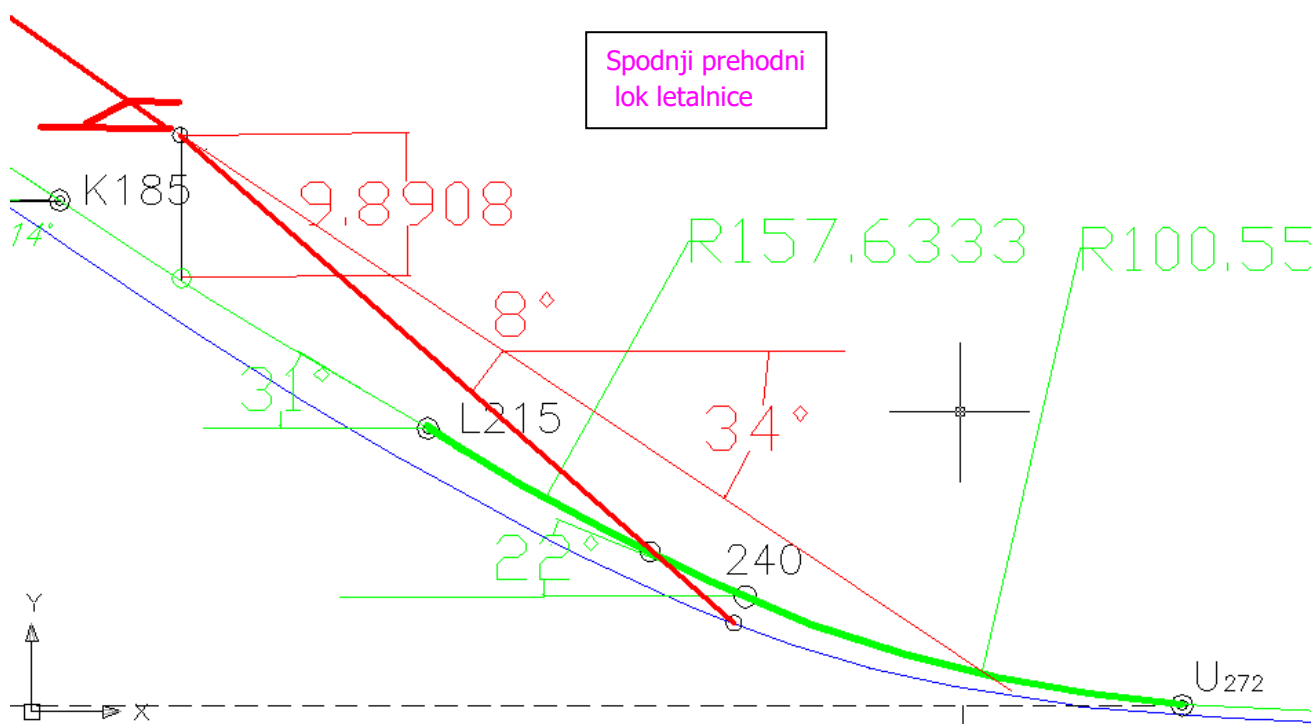
Regresijska krivulja med višino krivulje leta na 120 m in dolžino poletov je bila do dolžine poletov 215 m linearna, nato pa vse bolj nelinearna (Slika 40).

Slika 40: Regresijska krivulja med višino krivulje leta v točki 120 m in dolžino poletov na planiški velikanki



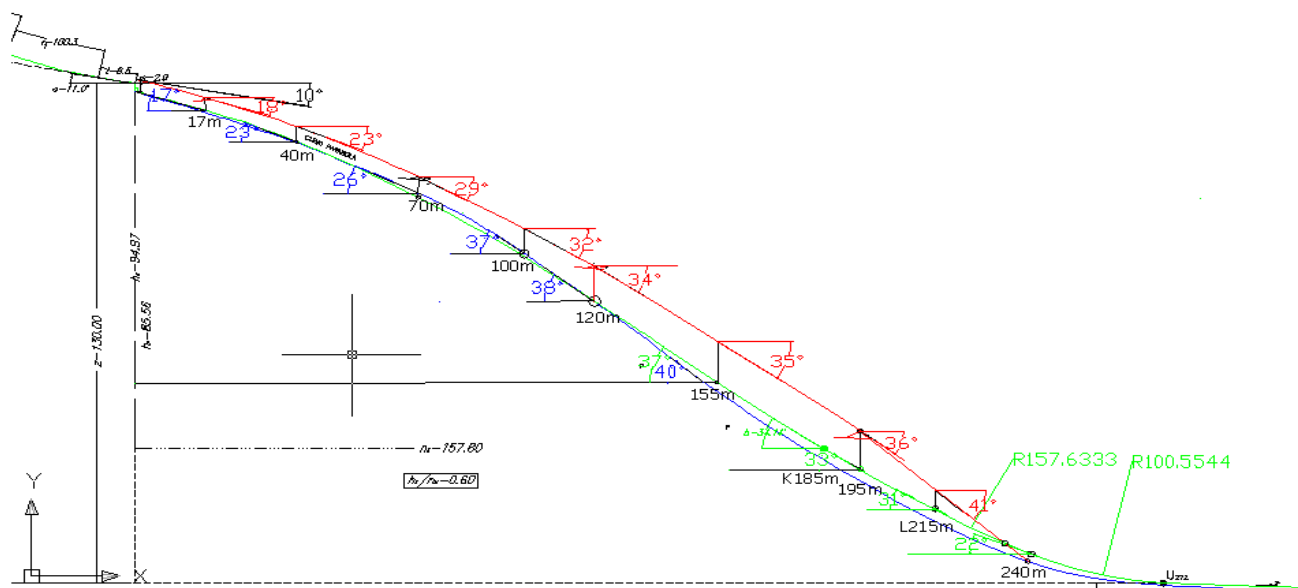
Razlog za nelinearen odklon krivulje leta se skriva v spremembi naklona doskočišča, ki se značilno zgodi po preletu točke velikosti letalnice HS 215 m. Na planiški letalnici se je po točki HS 215 m začel spodnji prehodni lok (Slika 41), ki je imel v prvi fazi radij 157 m in v drugi fazi 105 m. Za polete, daljše od 220 m, se je morala nujno nelinearno zviševati krivulja leta. Tako zvišanje krivulje leta pa je lahko omogočil le primerno močan tangencialni vzgonski veter na letalnici. Močan termični vzgornik na planiški letalnici lahko značilno prispeva k dolžini poleta.

Slika 41: Na planiški letalnici se je po točki velikosti letalnice HS 215 m začel spodnji prehodni lok, ki je zelo hitro pomanjšal naklon doskočišča letalnice



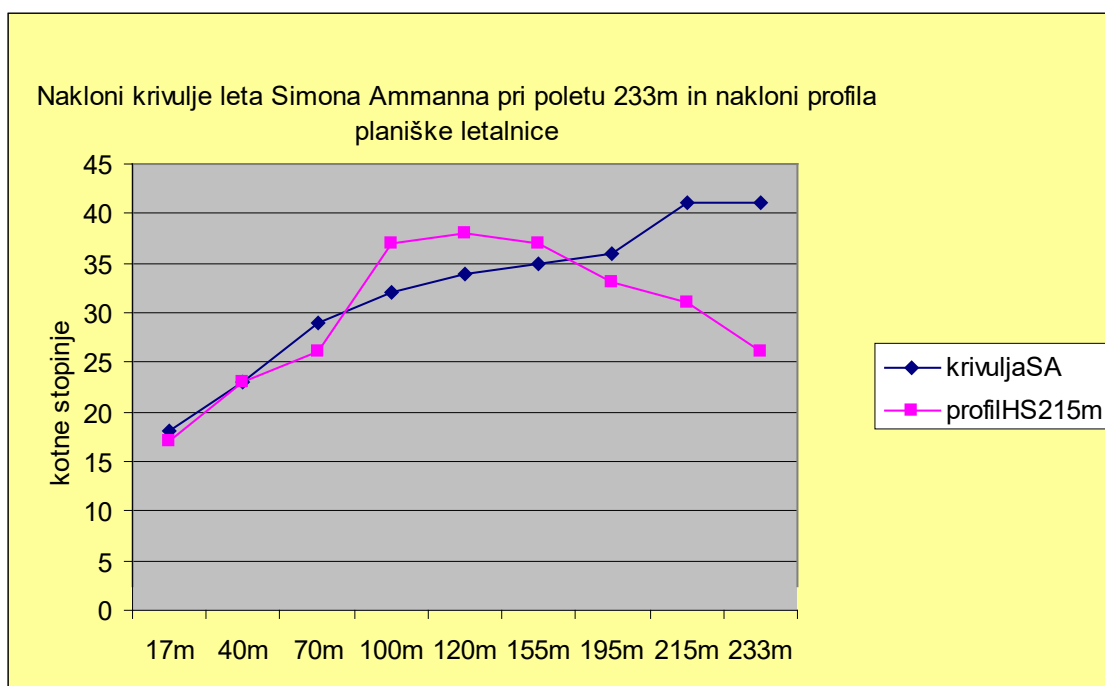
Profil planiške letalnice HS 215 m na finalu svetovnega pokala 2008/2009 je lahko primerno izhodišče za načrtovanje povečanja letalnice, najprej na HS 250 m in pozneje na velikost letalnice HS 300 m. Pri povečevanju letalnice bi si lahko pomagali s parametri krivulje leta Simona Ammanna pri poletu 233 m (Slika 42).

Slika 42: Krivulja leta Simona Ammanna pri poletu 233 m je lahko v pomoč pri načrtovanju profila letalnice HS 300 m



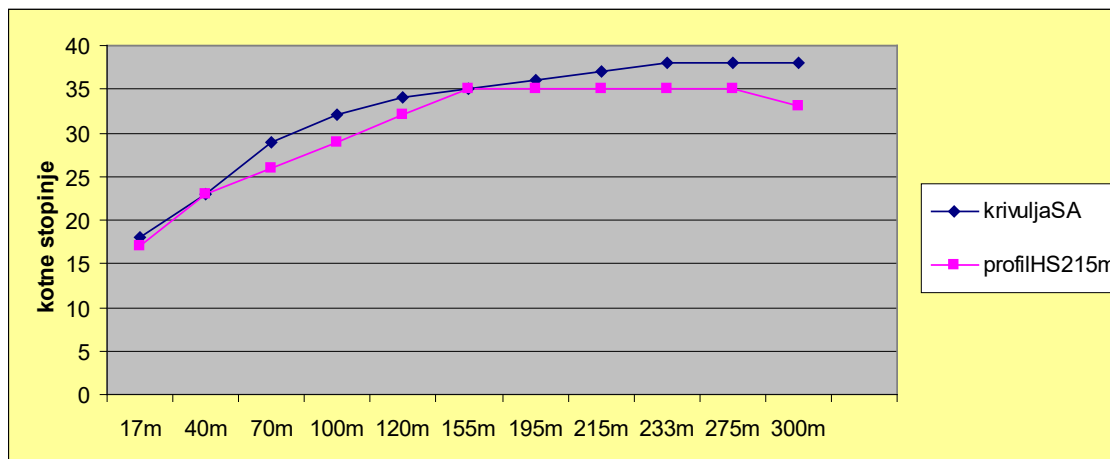
Med naklonom krivulje leta Simona Ammanna pri poletu 233 m in tedanjim profilom planiške letalnice HS 215 m je nastala velika razlika v osrednjem delu leta od 110 do 180 m ter zaključnem delu leta od 200 do 233 m (Slika 43).

Slika 43: Grafični potek krivulje leta Simona Ammanna pri poletu 233 m in naklona vzdolžnega profila planiške letalnice (na finalu svetovnega pokala 2008/2009)



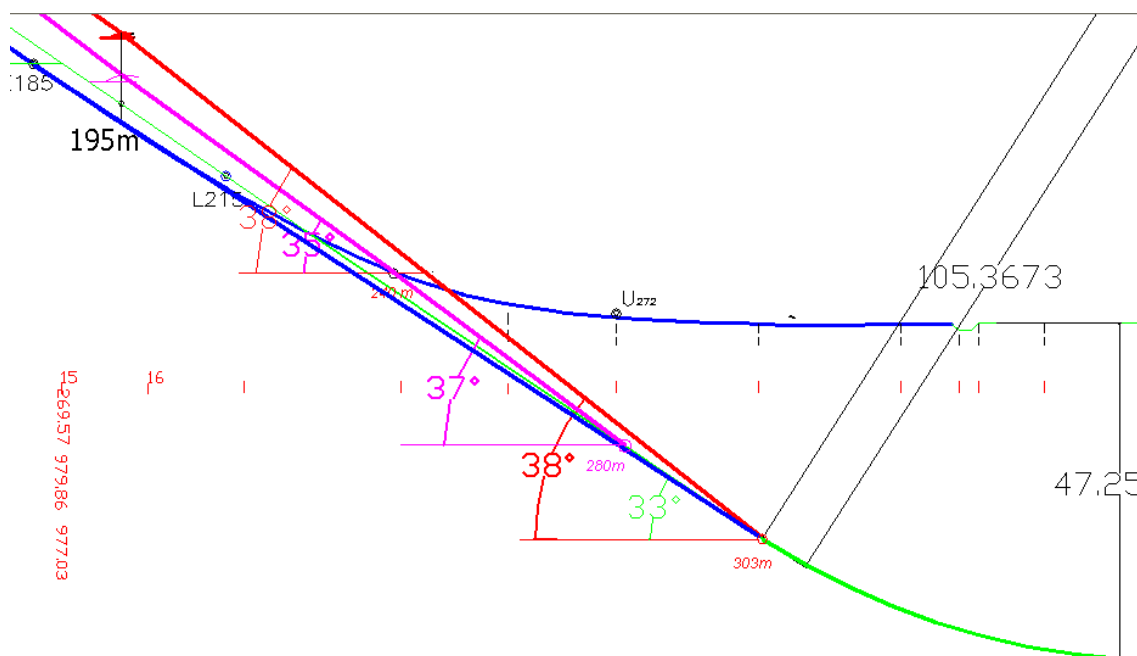
Za modeliranje vzdolžnega profila povečane planiške letalnice HS 300 m bi lahko uporabili naklon dejanske krivulje leta, ugotovljene pri poletu Simona Ammanna 233 m (Slika 44).

Slika 44: Grafični potek krivulje leta Simona Ammanna pri simuliranem poletu 303 m in naklona vzdolžnega profila enostavno povečane planiške letalnice HS 300 m



Simulirani polet Simona Ammanna 303 m bi bil na povečanem profilu letalnice HS 300 m nekoliko daljši od simuliranega poleta Janneja Ahonena 280 m (Slika 45).

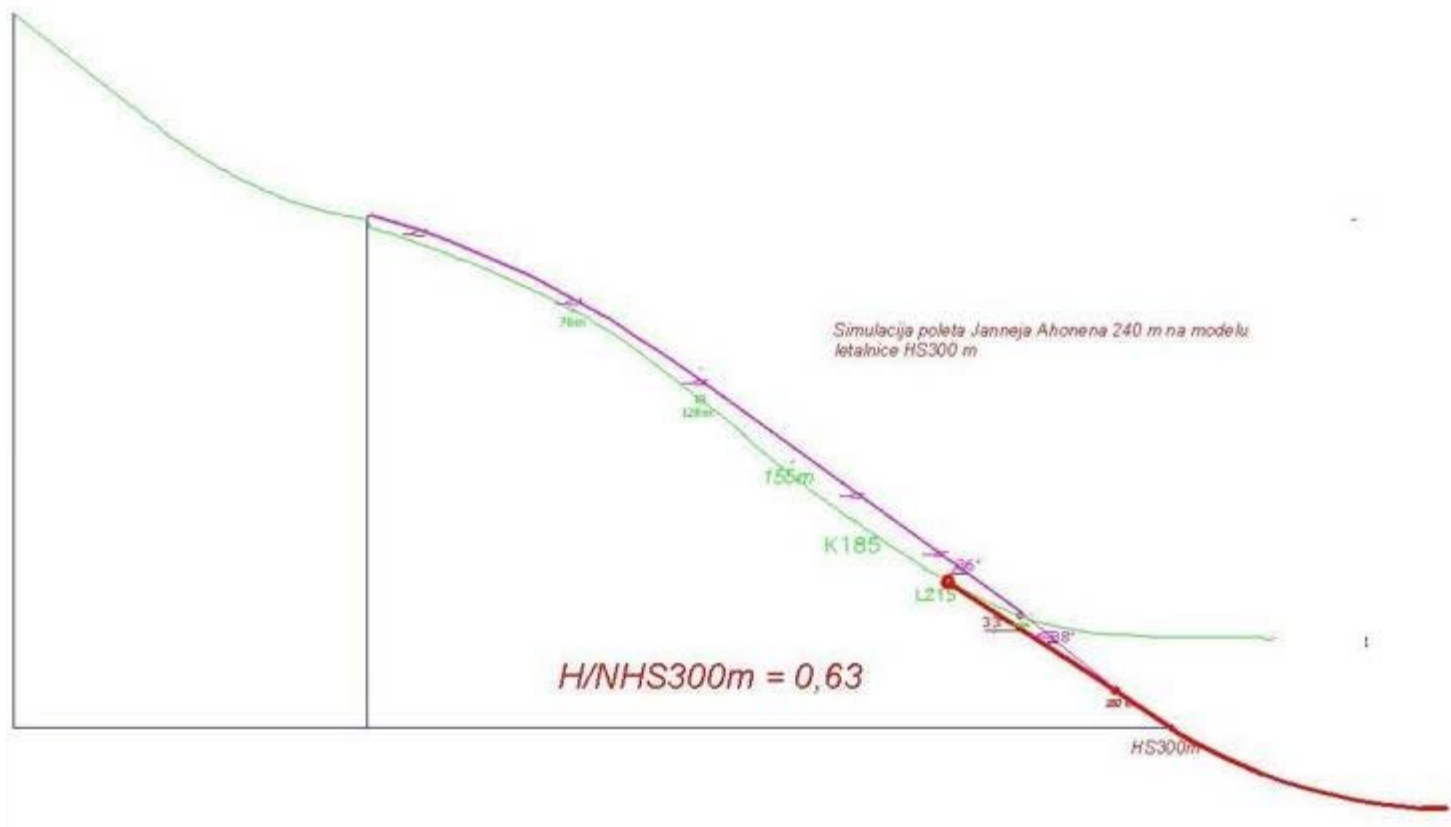
Slika 45: Simulirani polet Simona Ammanna 303 m bi bil nekoliko daljši, kot bi bil simulirani polet Janneja Ahonena pri dolžini poleta 240 m v letu 2005



Groba simulacija krivulje leta pri poletu Simona Ammanna 233 m je pokazala (Sliki 43 in 44), da bi na enostavno povečani planiški letalnici z doskočiščem, podaljšanim za 85 m, z enakomernim naklonom 35 kotnih stopinj in značilnostmi profila ($HS = 300$ m, $b_{K185} = 35$, $b_{L300} = 33$, $Z_U = 177,2$ m, $r_2 = 105$ m, $V_o = 101,8$ km/h) v času poleta 8,94 sekunde že preletel 300 m (Slika 46).

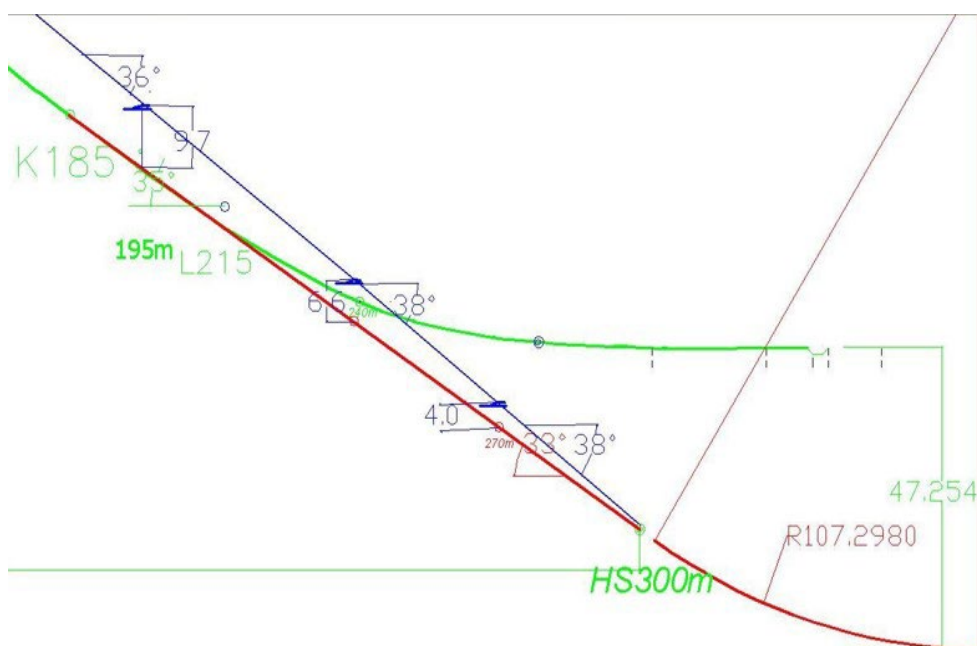
Slika 46: Simulacija krivulje poleta Simona Ammanna 233 m na enostavno povečani planiški letalnici HS 300 m

Kot letenja v zadnjem delu poleta bi bil 38 kotnih stopinj (Slika 47). Vpadni kot pri doskoku bi znašal



5 kotnih stopinj. Težava pri doseganju poletov, dolgih 300 m, tako ne bi bila več v tehniki poletov, ampak v tem, da so letalnice za tako dolge polete premajhne. Vzдолžni profili teh letalnic pa so primerna podlaga za nadaljnji razvoj letalnic do velikosti HS 300 m.

Slika 47: Simulacije podaljšane krivulje poleta Simona Ammanna 233 m na enostavno povečani planiški letalnici, situacija glede na profil terena leta 2009, profil doskočišča



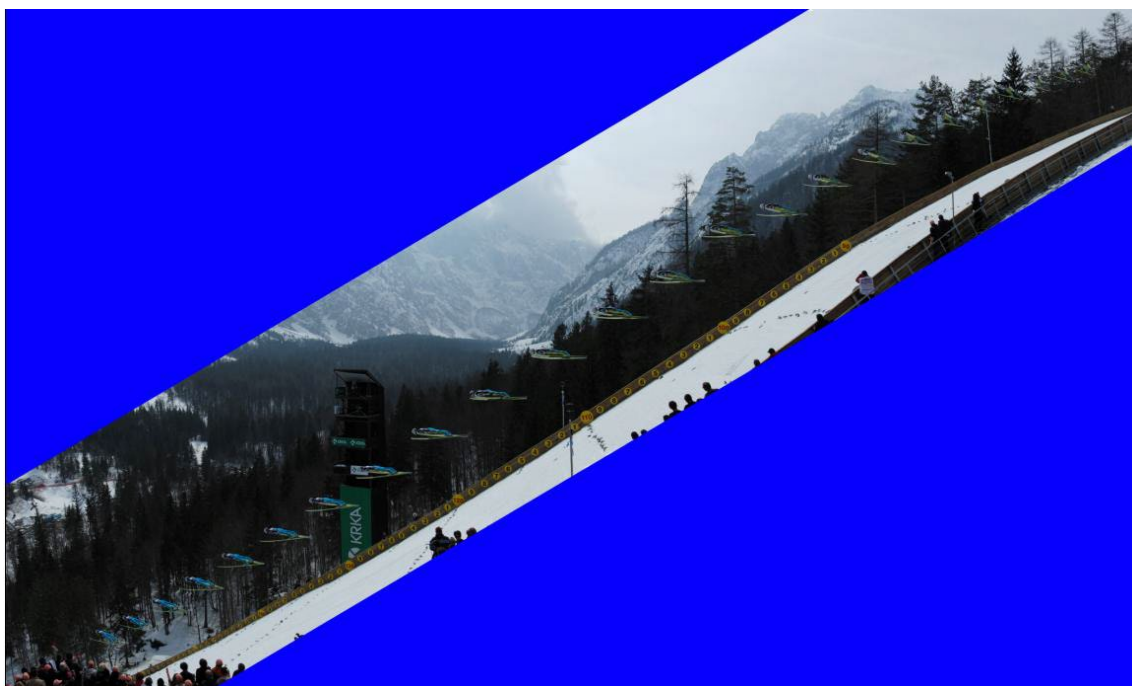
Dvakratni olimpijski zmagovalec Simon Ammann (Slika 48) je leta 2010 zmagal tudi na planiškem svetovnem prvenstvu v poletih.

Slika 48: Dvakratni olimpijski zmagovalec Simon Ammann, ZOI 2010 (slika je povzeta po <https://www.google.si/search?q=simon+ammann>)



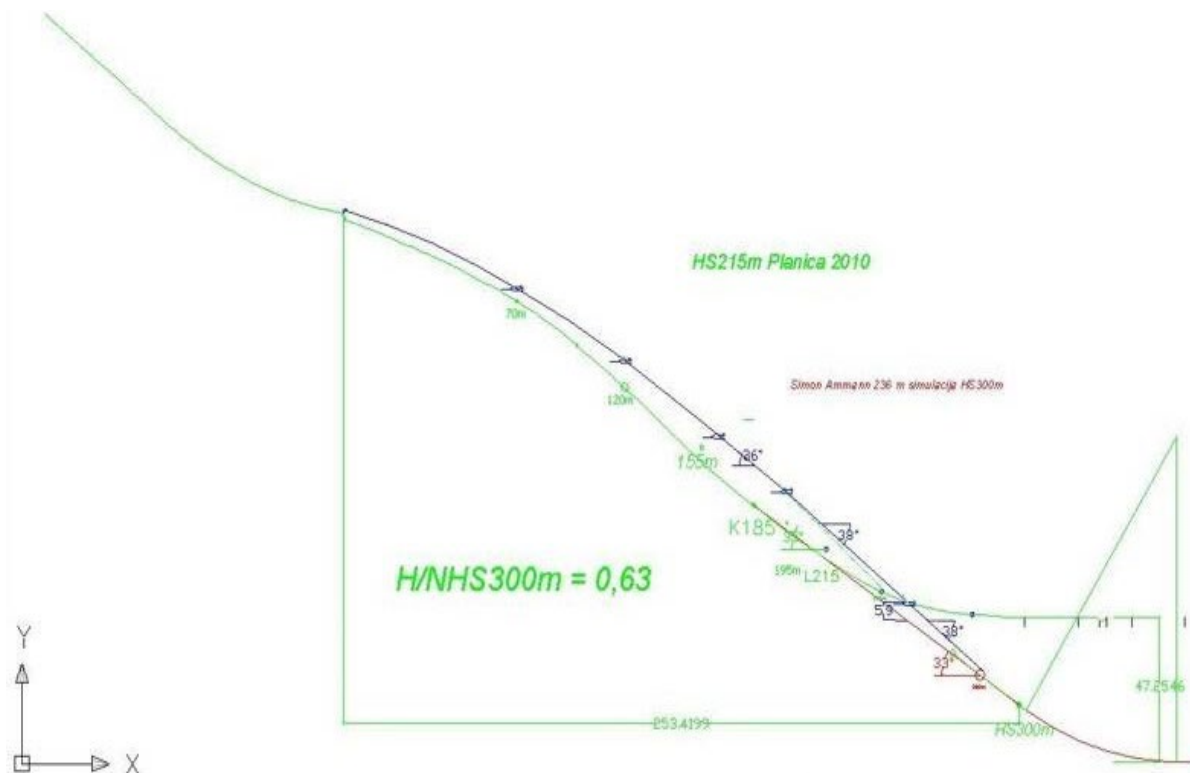
Švicarski skakalni zvezdnik je z veliko prednostjo postal svetovni prvak in pri tem dosegel najdaljši polet 236 m. V osrednjem delu leta je njegov polet potekal pri kotu letenja 36 kotnih stopinj (Slika 49).

Slika 49: Kinogram leta Simona Ammanna pri poletu 236 m v Planici leta 2010 (kinogram je izdelal Stanko Štuhec)



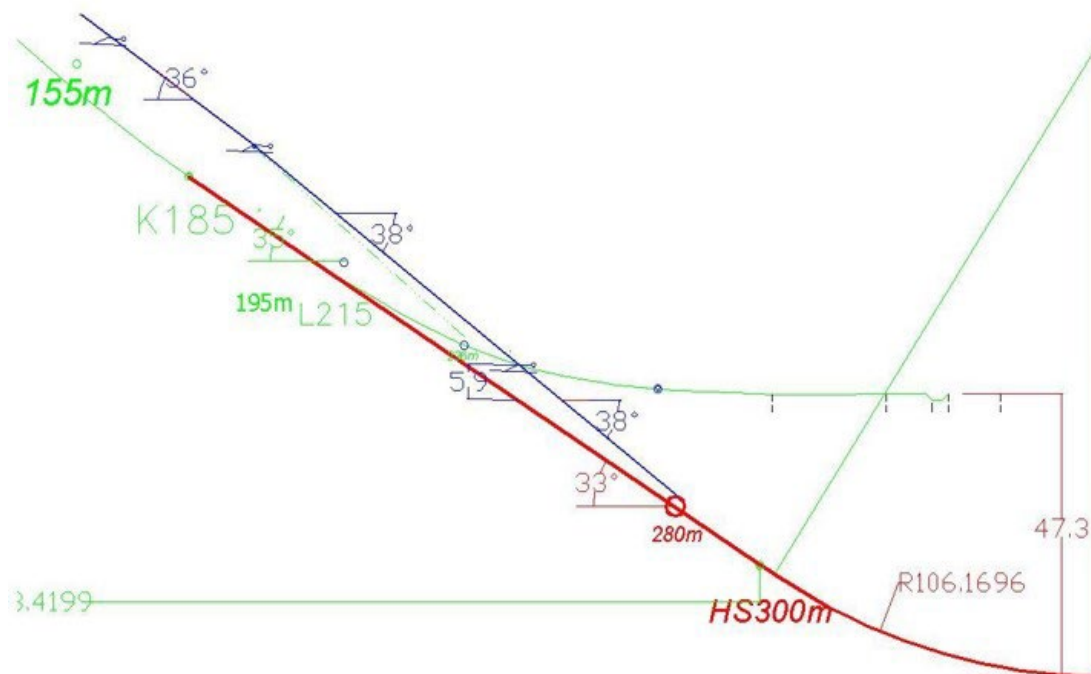
Simulacija Ammannovega poleta 236 m na enostavno povečani planiški letalnici HS 300 m je pokazala, da bi lahko na tako povečani letalnici poletel tudi 280 m (Slika 50).

Slika 50: Simon Ammann bi s poletom 236 m lahko na enostavno povečani letalnici HS 300 m poletel kar 280 m



Kot leta v zaključnem delu poleta bi lahko bil 38 kotnih stopinj (Slika 51). Švicarski letalec bi doskočil na strmino letalnice 33 kotnih stopinj z vpadnim kotom 5 kotnih stopinj. Pri takem pristajalnem kotu ob doskoku bi lahko vsak smučarski letalec brez težav izvedel doskok v telemark.

Slika 51: Pristajalni kot pri poletu dolžine 280 m bi bil približno 5 kotnih stopinj



Švicarski smučarski skakalec je bil navdušen nad razpletom svetovnega prvenstva v Planici. Pohvalil je letalnico bratov Gorišek. Njen projektant dipl. ing. Janez Gorišek je že pred 30 leti omenjal letalnico velikosti HS 300 m. O tej zamisli se je avtor pričujoče monografije z njim pogovarjal leta 1994. Njegove ideje so bile za večino skakalne stroke preveč futuristične in preveč oddaljene od vsakodnevnih problemov nosilcev domače in mednarodne skakalne stroke. Osebnostno nisem dvomil o teh idejah, saj sem takrat že spoznal, da poleti 300 m niso več nedosegljivi. Strinjala sva se, da trenutna tehnika in oprema smučarjev skakalcev že dopuščata tako dolge polete. Glavna ovira so bile premajhne letalnice in dokaj konservativna politika Mednarodne smučarske zveze, ki ni pospešila gradnje večjih letalnic.

TRETJE POGLAVJE

POLETI PREK 300 METROV BODO ODVISNI OD ŠTEVILNIH DEJAVNIKOV

Smučarski skoki so športna zvrst, ki pomeni pomemben del svetovne in slovenske kulture športa. Zaradi tehnične izvedbe, ki zahteva tudi posebne objekte in opremo, spadajo smučarski skoki in predvsem poleti med zahtevne gibalne športne zvrsti. S smučarskimi skoki se ukvarjajo predvsem mladi. Populacija smučarjev skakalcev in smučark skakalk ima glede števila vadečih tipično piramidno obliko. Na spodnjem delu starostne piramide prevladuje število otrok. V obdobju srednje šole se število skakalcev in skakalk že močno zmanjša. Po koncu srednje šole, pri prehodu v člansko tekmovalno kategorijo, še dodatno upade, na približno deset odstotkov celotne populacije skakalcev in skakalk. Tekmovalno obdobje na splošno traja do približno 30. leta, nato pa se tekmovalna doba počasi končuje, razen nekaterih izjem. Po 35. letu ostajajo tekmovalno aktivni le še odlični tekmovalci.

Smučarski poleti so posebna oblika smučarskih skokov. Polet na smučeh je zahtevna tehnična gibalna naloga, ki poteka pri veliki hitrosti gibanja skakalca na ekstremno veliki skakalnici, ki se imenuje letalnica. Zaradi velike zahtevnosti gibanja ter s tem povezane možnosti hudih padcev in poškodb se s smučarskimi poleti ukvarjajo le osebnostno zreli skakalci in skakalke, ki so ustrezno tehnično pripravljeni. V zadnjih dvajsetih letih se tekmovalnj v smučarskih poletih udeležuje približno 70 tekmovalcev na leto. Pri skakalkah, ki na letalnicah uradno tekmujejo šele nekaj let, je to število približno pol manjše. Poleti na smučeh so izjemno priljubljena športna zvrst, ki privlači množico gledalcev ob letalnicah in pred televizijskimi zasloni. Nekateri menijo, da so smučarski poleti zimska oblika formule ena v smučarskih skokih. Izvajajo se na velikih letalnicah, ki omogočajo polete do najbolj ekstremnih dolžin 255 m. Ta hip je na svetu le pet letalnic: v Harrachovu na Češkem, Bad Mitterndorfu v Avstriji, Oberstdorfu v Nemčiji, Vikersundu na Norveškem in v Planici. Samo dve največji letalnici velikosti HS 240 m pa omogočata doseganje rekordnih poletov. Vendar sta tudi ti dve letalnici, v Vikersundu in Planici, premajhni za nadaljnje povečanje rekordnih dolžin. Namen pričujoče monografije je osvetliti ta problem in prikazati možnosti za nadaljnji razvoj najdaljših poletov na povečanih letalnicah. Vsako povečanje rekordnega poleta prek sedanjega rekorda Domna Prevca 254,5 m bi bilo že samo po sebi izjemno zahteven tehnični podvig skakalca oziroma skakalke. Zato bi bilo treba zgraditi sodobne letalnice, na katerih bi lahko varno nastopali tako slabši kot tudi najboljši letalci. Novi rekordni poleti bodo odvisni od številnih dejavnikov, ki bodo imeli manjši ali večji vpliv na doseganje teh dolžin.

Razvoj rekordnih poletov bo najprej zahteval gradnjo ustreznih letalnic, primerno tehniko poletov ter optimalno opremo letalcev in letalk. Poleg teh treh bistvenih dejavnikov bodo na rekordne polete vplivali še številni drugi, manj in bolj pomembni dejavniki (zaletna hitrost, vpliv vetra, aerodinamične razmere za letenje na posamezni letalnici, vremenske okoliščine, snežne razmere na letalnici, kakovost priprave letalnice, trenutna forma letalcev in letalk in drugo). Njihov vpliv na rekordno dolžino bo vedno večplasten in zapleten, včasih tudi težko razumljiv.

Dolžina rekordnega poleta je odvisna končna ciljna kriterijska spremenljivka uspešnosti smučarjev skakalcev in smučark skakalk. To velja tako za prakso kot tudi teorijo smučarskih skokov in poletov

na smučeh. V matematičnem jeziku bi lahko rekli, da je dolžina rekordnega poleta odvisna od kakovosti številnih dejavnikov, ki sestavljajo enačbo specifikacije dejavnikov uspešnosti pri poletih na smučeh. V tej enačbi pomeni dolžina poletov funkcijo vsote ponderiranih poznanih dejavnikov uspešnosti (**PD**) in nepoznanih dejavnikov (**ND**):

$$U = f(PDp + NDp)$$

Ker nepoznanim dejavnikom (**ND**) ne moremo določiti njihove velikosti, jih lahko razumemo kot del napake v enačbi (**e**) oziroma odnos **ND = e**.

$$U = f(PDp) + e$$

Množico poznanih dejavnikov, ki lahko vplivajo na dolžino poletov oziroma športno uspešnost letalcev, predstavlja več dejavnikov (**D_n**):

$$U = \Sigma(D_1p_1 + D_2p_2, \dots, + D_np_n) + e$$

Enačba specifikacije uspešnosti športnikov mora upoštevati tudi časovno razsežnost (**Δt**), ki kaže časovni interval, znotraj katerega so posamezne vrednosti enačbe določene in veljavne:

$$U_{(t)} = \Sigma(D_{1(t)} p_{1\Delta t} + D_{2(t)} p_{2\Delta t}, \dots, + D_{n(t)} p_{n\Delta t}) + e$$

Enačba specifikacije ima logično strukturo, ki pa je z vidika globine problematike uspešnosti športnikov zapletena. Za razreševanje kompleksnega in zapletenega problema uspešnosti se lahko uporabi ustrezna oblika strokovnega modeliranja dejavnikov, ki imajo določen vpliv na dolžino rekordnih poletov (Jošt, Čoh, Čuk in Vodičar, 2015). V znanosti se pri modeliranju uspešnosti športnikov in športnic uporabljata dva med seboj povezana metodološka pristopa modeliranja. Prvi, stohastični pristop, postavlja v ospredje športnike in športnice. Ti skupaj sestavljajo populacijo vseh tekmovalcev in tekmovalk, ki v danem času nastopajo na tekmovanjih. V mednarodni bazi smučarskih poletov je okoli 75 tekmovalcev in 25 tekmovalk.

Drugi, metodološki pristop, temelji na funkcionalnem vsebinskem modeliranju dejavnikov, ki vplivajo na uspešnost smučarjev skakalcev in smučark skakalk. Tekmovalna uspešnost skakalcev in skakalk je odvisna od dolžine skoka oziroma poleta in ocen za slog. Dolžina skoka in poleta je odvisna od dejavnikov, ki sestavljajo funkcionalni model dejavnikov uspešnosti rekordnega poleta. Vsebinsko model zajema številne dejavnike (tekmovalne, taktične, tehnične, specialno motorične, osnovno motorične, morfološke, psihološke, socialne, mikrosocialne, kulturne in druge). Namen pričujoče monografije ni proučevanje vseh omenjenih dejavnikov, ki lahko vplivajo na dolžino poleta na smučeh. Opisani bodo le nekateri od omenjenih dejavnikov, ki imajo večji praktični pomen za njegovo uspešno in varno izvedbo.

Tehnika poletov na smučeh

Tehnika poletov na smučeh se v polni meri manifestira v dolžini poletov (Jošt, 2009). Med tehniko in dolžino poleta velja dogovorna »funkcijska« relacija. Slaba tehnika pomeni kratek polet, odlična

tehnika pomeni dolg polet. Dolžina poleta je tako praktično in funkcijsko matematično odvisna od uspešnosti tehnike poleta. Tehnika poleta pa je odvisna od množice dejavnikov, ki lahko imajo manjši ali večji vpliv na kakovost njene izvedbe. Neločljivo je povezana z značilnostmi vzdolžnega profila letalnice in obrnjeno (Jošt in Vodičar, 2019). Od aktualne tehnike smučarskih skokov in poletov so odvisne tudi geometrijske značilnosti skakalnice in letalnice (Gasser, 2008). Tehnika leta na normalnih skakalnicah (Jošt, Kugovnik in Čoh, 1998) se lahko razlikuje od tehnike leta na letalnici predvsem z vidika optimizacije krivulje leta (višina in kot krivulje leta). Na skakalnicah ima lahko določena oblika krivulje leta bistveno drugačen vpliv na dolžino skoka kot na letalnici. Tehnika smučarskega skoka je že bila predmet poglobljenega teoretičnega opisa Vaverke v letu 1987. Njegova teorija je bila podprta s številnimi biomehaničnimi spoznanji in podkrepljena s številnimi empiričnimi ugotovitvami. Pozneje se je tehnika smučarskega skoka bistveno spremenila. Leta 1992 se je pojavila današnja V-tehnika, ki je aerodinamično učinkovitejša v primerjavi s predhodno klasično tehniko (Watanabe in Watanabe, 1993). To pa ni spremenilo pomena in spoznavne vrednosti teoretičnih načel in zakonitosti, ki vplivajo tudi na uspešnost današnje V-tehnike smučarskega skoka.

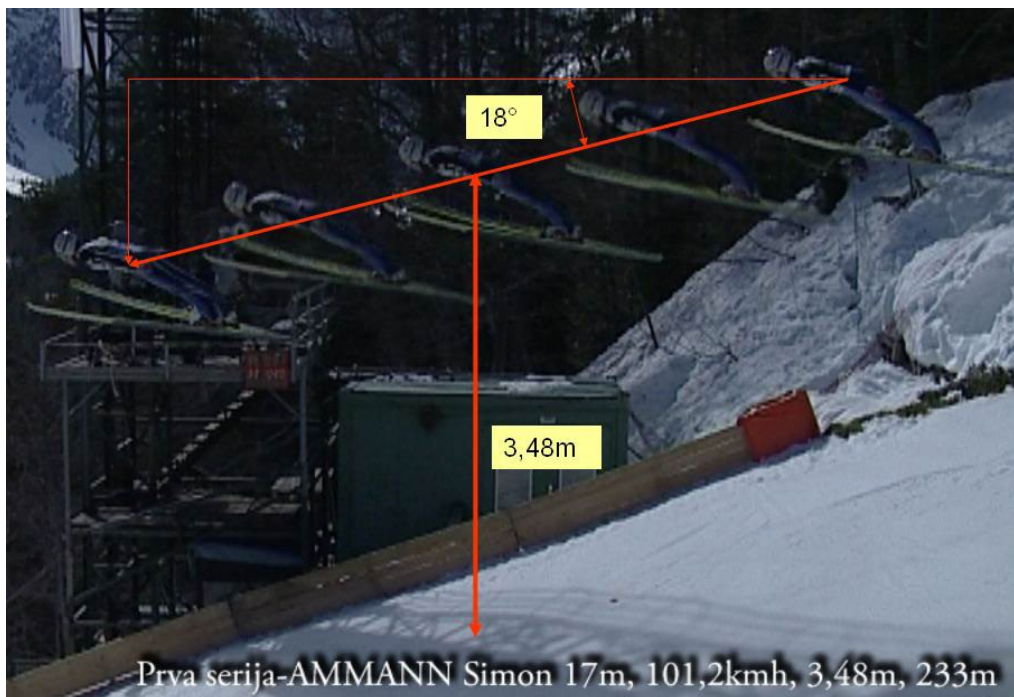
Tehnika V-sloga je aerodinamično bolj učinkovita kot predhodna klasična tehnika (Jošt, 1994). Pri V-tehniki so možne različne oblike njene izvedbe (Ito, Seo, Kazuya in Asai, 2009). Posamezne oblike (slogi) V-tehnike so aerodinamično različno učinkovite (Jin, Shmizu, Watanuki, Kubota in Kobayashi, 1995; Seo, Murakami in Yoshida, 2004). Tehnika smučarskega skoka in poleta se razdeli na fazo zaleta, odskoka, leta, doskoka in vožnje v iztek. Vsaka od teh faz ima svoj namen in pomen za končno uspešnost smučarjev skakalcev. Vse našteje faze tehnike smučarskega skoka oziroma poleta so med seboj vzročno-posledično povezane. Napake iz predhodnih faz se prenašajo v vse naslednje faze. V naslednjih fazah pa so vedno mogoče delne kompenzacije napak. V zaletni fazi mora skakalec razviti ustrezno zaletno hitrost in vzpostaviti optimalen zaletni položaj za poznejši odskok. Pri odskoku, v oporni fazi odziva, mora skakalec razviti ustrezno vertikalno hitrost odziva, optimizirati aerodinamični vidik vzleta in doseči optimalno točnost odziva (Virmavirta in drugi, 2005). Odskok in vzlet imata pri smučarskih skokih drugačno vlogo kot pri poletih na smučeh (Virmavirta, Kivekäs in Komi, 2001). Na manjših, normalnih in večjih skakalnicah veljajo drugačne zakonitosti krivulje leta kot na letalnicah. Za fazo vzleta in njen vpliv na dolžino skoka ali poleta je pomembna tudi velikost skakalnice in letalnice. Manjša ko je skakalnica, pomembnejša je faza vzleta in obrnjeno. Seveda je faza vzleta zelo pomembna tudi na letalnici, vendar se kaže v specifični obliki tehnike vzleta. Na manjših skakalnicah mora skakalec v oporni fazi odskoka razviti dovolj odzivne moči, da bo lahko uspešno dvignil krivuljo vzleta v brezoporni gibalni fazi odskoka (Virmavirta in Komi, 1994). Na letalnici so pogoji za razvoj odzivne sile zaradi večjega vpliva sile upora zraka in sile zračnega vzgona nekoliko lažji. Zaradi tega so na letalnici lahko uspešnejši tudi skakalci, ki imajo nekoliko nižji potencial odzivne moči (Jošt, Supej in Vodičar, 2022).

Na letalnici je zelo pomembna faza leta. Poteka od trenutka, ko letalec zapusti podlago po odzivu, do trenutka, ko se dotakne podlage pri doskoku. Na največjih letalnicah HS 240 m faza leta traja do 9 sekund, na letalnici HS 300 m pa bi lahko trajala celo deset sekund (Jošt, Vodičar, Štuhec in Vertič, 2009).

Dolžina skokov in poletov je odvisna od krivulje leta (Denoth in Gerber, 2008). Ta se glede na tehniko letalca spreminja v fazi vzleta, osrednjem delu leta in fazi priprave na doskok. Tudi pri krivulji leta veljajo med omenjenimi fazami leta vzročno-posledični odnosi. Napake pri vzletu lahko negativno vplivajo na osrednji del leta. Do določene meje lahko letalci med letom kompenzirajo napake, storjene v predhodni fazi. Tehniko leta je treba ne glede na umetno delitev na omenjene tri faze vedno

pojmovati kot celovito gibalno aktivnost smučarja skakalca. Na majhnih skakalnicah, na primer velikosti HS 15 m, se navidezno ločene faze tehnike leta zgodijo tako hitro (v približnem času 1 sekunde), da jih skakalec med gibanjem ne more zavestno zaznavati. Tehnika leta se lahko uspešno izvede le pri gibanju na podzavestni ravni psihomotoričnega delovanja. Faza vzleta (Slika 52) traja od trenutka, ko skakalec zapusti podlago v oporni fazi odskoka, do trenutka, ko skakalec vzpostavi optimalni položaj za osrednji del leta.

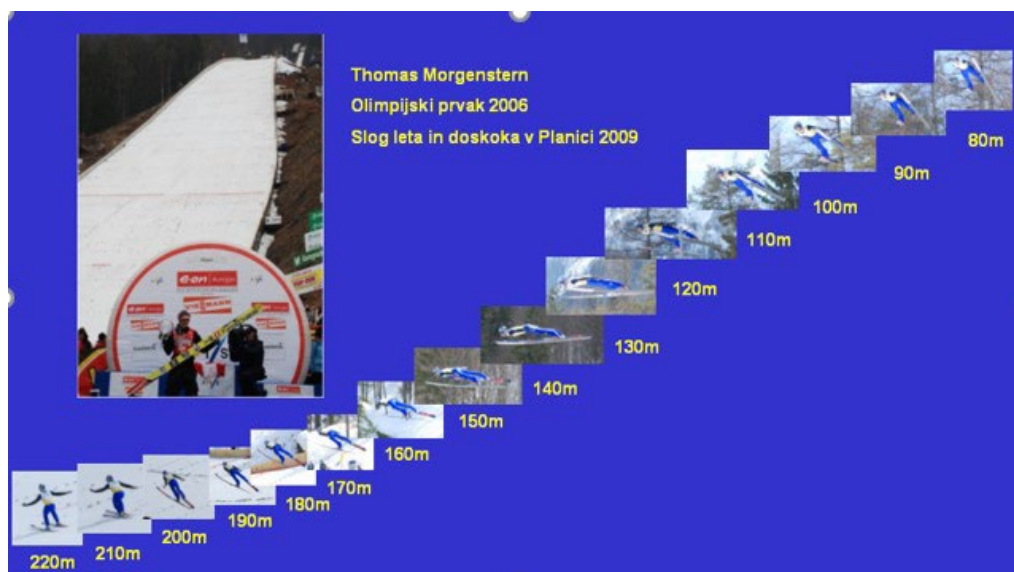
Slika 52: Faza vzleta (Planica, 2009)



Točka zaključka vzleta je na letalnici dosežena v območju od 17 do 20 m za robom odskočišča. To območje letalci dosežejo v času od 0,5 do 0,7 sekunde vzleta. Za uspešno izvedbo te faze je potreben hiter in aerodinamično optimalen prehod v položaj za let. Najboljši skakalci so sposobni hitrejšega prehoda v optimalni položaj za let (Janura, Cabell, Svoboda, Elfmark in Zahalka, 2011). Med višino krivulje vzleta ob koncu te faze in dolžino poletov ni bilo mogoče ugotoviti značilne korelacije (Jošt, 2010). Poudarjena vertikalna hitrost odriva pri odskoku in velika sila zračnega upora ter vzgona pri vzletu lahko letalcu pomagajo dvigniti krivuljo leta, kar pa ne prispeva nujno k dolgemu poletu (Jošt, Čoh, Pustovrh in Ulaga, 1999). Višja krivulja vzleta letalca lahko povzroči zmanjšanje vzletne hitrosti v pretežno vodoravni smeri leta letalca in negativno vpliva na dolžino poleta.

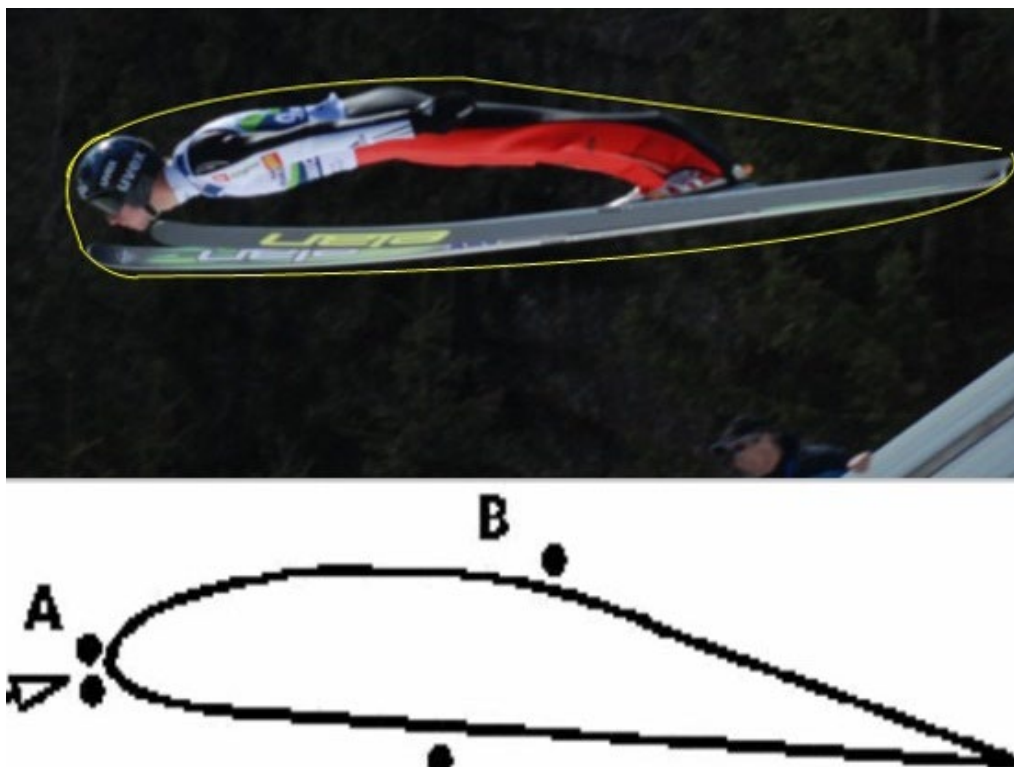
Osrednja faza leta je časovno različno dolga (Slika 53). Traja od trenutka, ko skakalec vzpostavi optimalni položaj za let, do trenutka, ko začne izvajati pripravo na doskok.

Slika 53: Osrednja faza leta (kot krivulje leta je med 20 in 40 kotnimi stopinjami)



V fazi leta mora skakalec optimizirati hitrost padanja in pri tem ohranjati čim večjo horizontalno hitrost (Jošt, Kugovnik, Strojnik in Colja, 1997). Takšne tendence se kažejo v optimizaciji kota letenja glede na horizontalno ravnino. Najboljši skakalci naj bi zato glede na kakovost izvedbe predhodnih gibalnih faz tehnike skoka v zaključnem delu poleta leteli višje in z večjo horizontalno komponento rezultantne hitrosti leta (Jošt, 2010). S položajem telesa in smuči mora smučar letalec ves čas leta optimizirati izkoristek aerodinamičnih sil (Slika 54). Pri tem mora skakalec zagotoviti tudi ustrezno stabilnost letnega položaja (Hildebrand, Drenk in Müller, 2009).

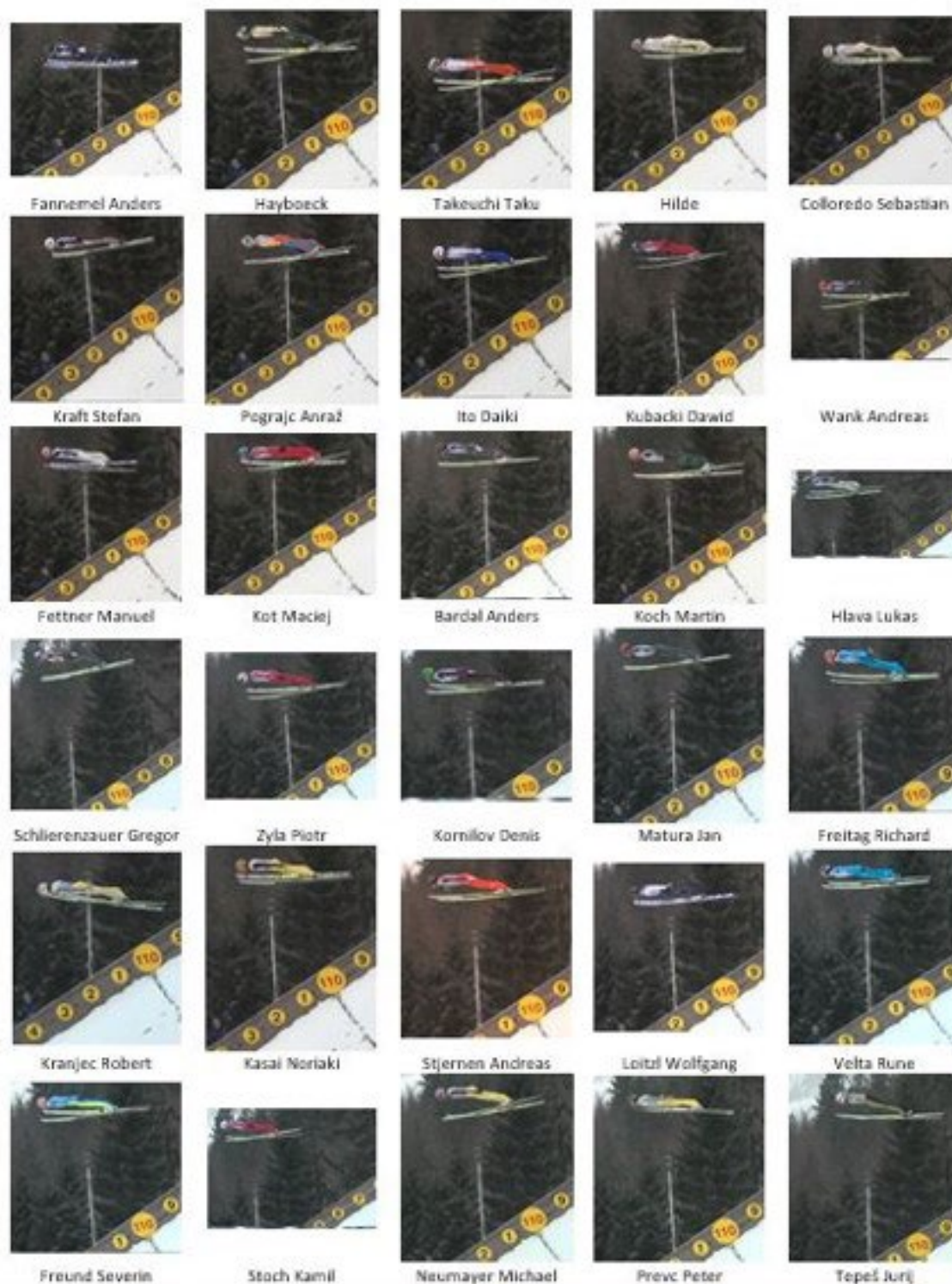
Slika 54: Optimalni aerodinamični položaj skakalca med letom



Iskanje optimalnega osebnega položaja za let je za skakalca in trenerja zahtevna strokovna naloga (Schmolzer in Müller, 2005).

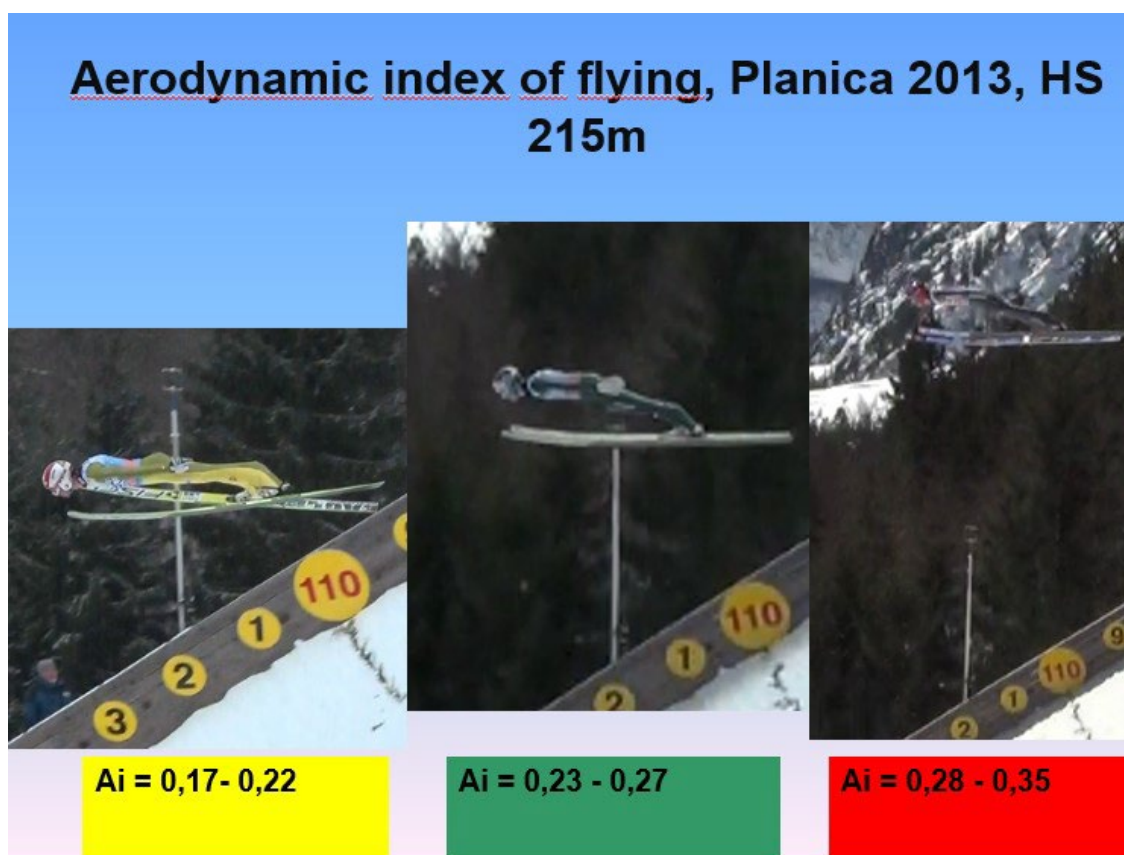
Letalci imajo različne položaje letenja in s tem tudi različne vrednosti aerodinamičnega indeksa (Slika 55).

Slika 55: Položaj letalcev med letom (Planica, 2013)



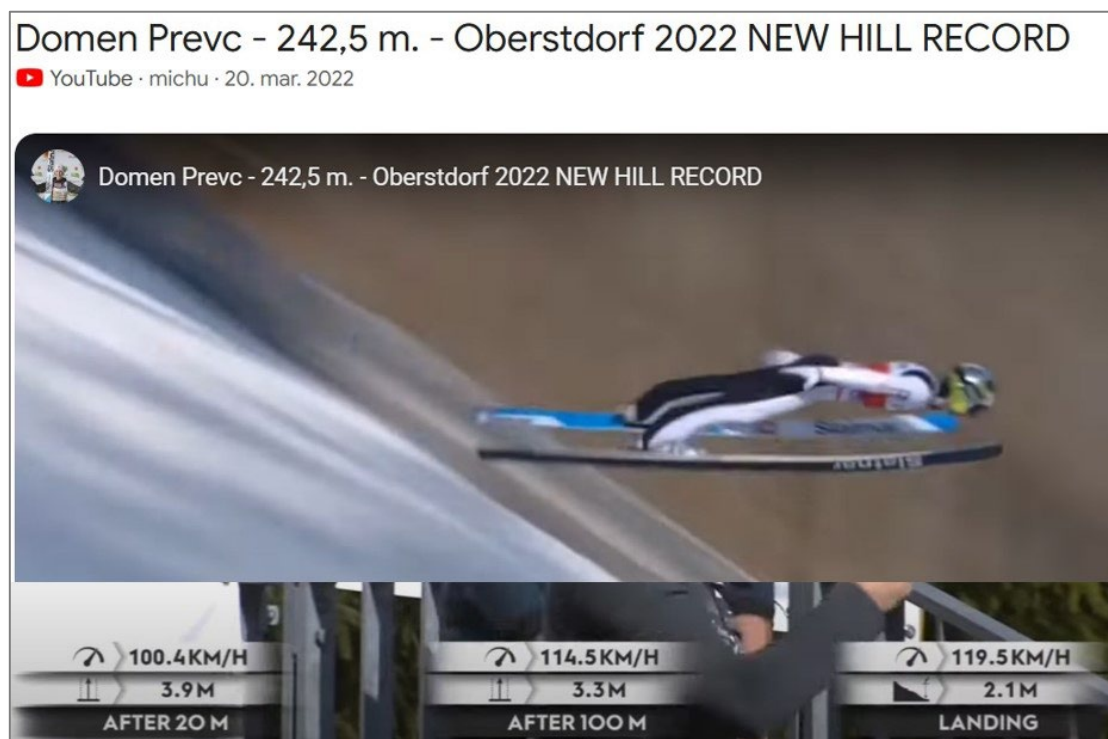
Kakovost aerodinamičnega položaja skakalca in smuči med letom se z vidika praktične uporabe lahko določi tudi na podlagi aerodinamičnega indeksa letenja (Slika 56).

Slika 56: Aerodinamični indeks letenja



Velikost aerodinamičnega indeksa letenja je bila na poletih leta 2013 v značilni negativni korelaciji z dolžino poletov na letalnicah (Jošt, Ulaga in Vodičar, 2013). Nižja vrednost indeksa pomeni večjo aerodinamično učinkovitost leta. Večja ko je letalnica, pomembnejša je ta korelacija. V drugi polovici leta pa obe omenjeni spremenljivki skupaj z višino leta močno determinirata dolžino poletov. Na letalnici HS 300 m bo ta indeks pomembno vplival na dolžino najdaljših poletov. Skakalci z nizko vrednostjo aerodinamičnega indeksa lahko letijo pri manjšem kotu krivulje leta. Nekateri skakalci lahko pri ugodni termiki in vzgonskem vetru dosežejo kot letenja 34 kotnih stopinj. Med odlične letalce spada tudi Domen Prevc, ki je 20. marca 2024 na letalnici v Oberstdorfu HS 230 m postavil rekord letalnice 242,5 m (Slika 57).

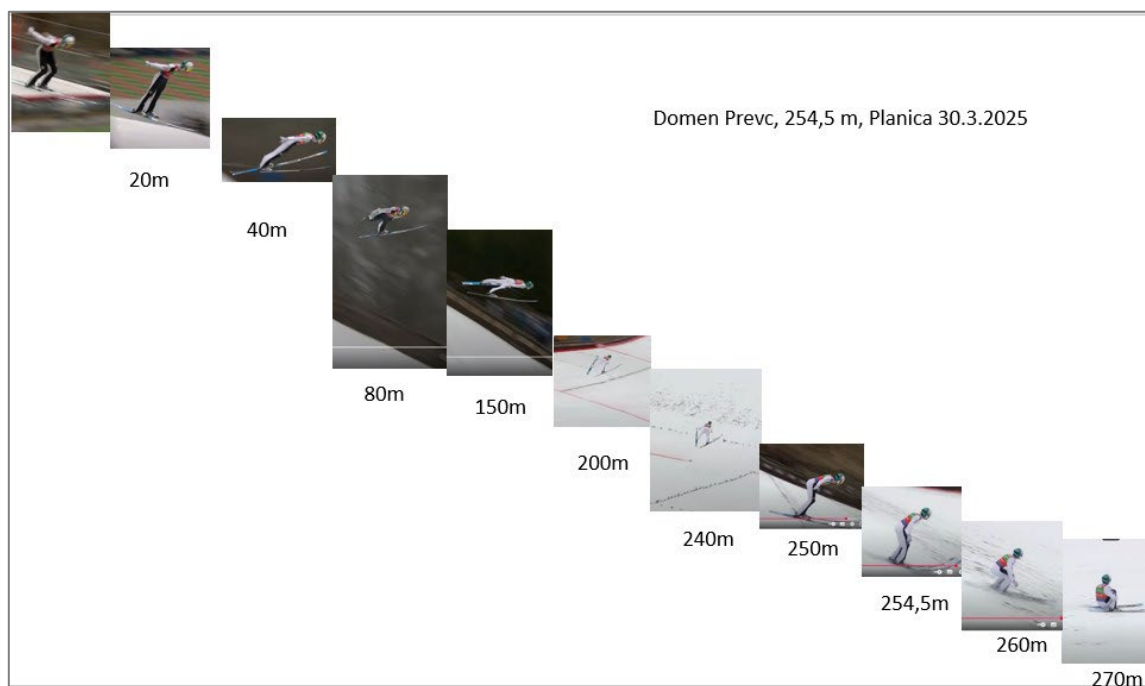
Slika 57: Domen Prevc 242,5 m, rekord letalnice v Oberstdorfu (slika je povzeta po ...)



Domnova zaletna hitrost pri rekordnem poletu je bila 100,3 km/h. Skozi vso fazo odskoka in vzleta je to hitrost ohranil na isti ravni (100,4 km/h 20 m za robom odskočne mize). To je odlična lastnost vrhunškega slovenskega letalca. Hitrost letalca med odskokom in vzletom se praviloma nekoliko zmanjša (Jošt, Kugovnik, Strojnik in Colja, 1997). Po koncu vzleta (približno po prvi sekundi leta) doseže hitrost leta najnižjo vrednost. Potem pa hitrost letalca med letom spet naraste in kmalu preseže velikost zaletne hitrosti (Müller, 1997). Domen je hitrost leta pri 100 m pri rekordnem poletu 242,5 m povečal na kar 114,5 km/h. Ob nizkem kotu letenja je Domen ohranil visoko horizontalno komponento hitrosti leta. V sklepnem delu leta je ta hitrost pomembna za uspešen rekordni polet. Vse do faze začetka pristajanja (višina leta 2,1 m) je Domen Prevc ohranjal enako hitrost leta, ob doskoku je bila malenkost večja (119,5 km).

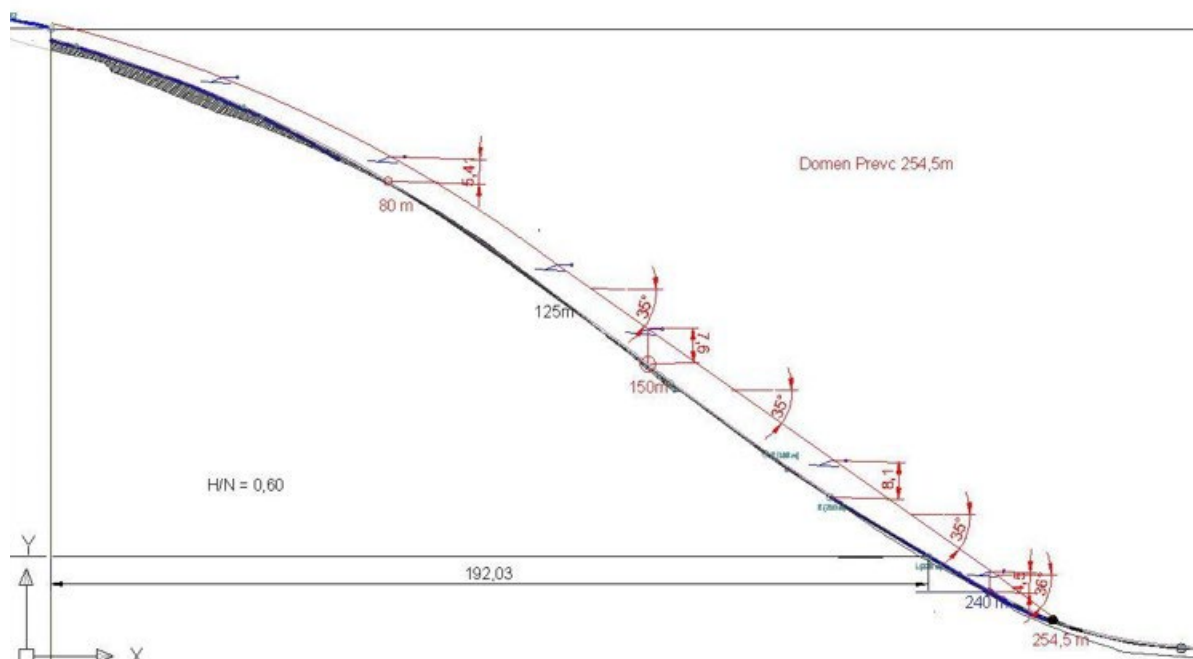
Odlične letalne sposobnosti so Domnu Prevču omogočile, da je na planiški letalnici 30. marca 2025 dosegel trenutno najdaljši polet na svetu 254,5 m (Slika 58).

Slika 58: Rekordni polet Domna Prevca 254,5 m, Planica, 30. marec 2025, ZH 103,1 km/h



Njegov polet je potekal nizko nad hrbtiščem letalnice (Slika 59).

Slika 59: Simulacija krivulje leta Domna Prevca pri rekordnem poletu 254,5 m, Planica, 30. marec 2025



Tehnika leta se med smučarji skakalci in smučarkami skakalkami razlikuje. Hipotetično bi lahko na podlagi kakovosti oblikovali različne skupine letalcev: slabi letalci, podpovprečni letalci, povprečni letalci, dobri letalci in odlični letalci. Natančne meje med temi skupinami so težko določljive in tudi

niso bistvene za razumevanje in ugotavljanje povprečnih razlik v kakovosti med smučarji skakalci ter smučarkami skakalkami. V brezvetrju lahko najboljši letalci dosežejo naklon krivulje leta med 35 in 36 kotnimi stopinjami.

Faza priprave na doskok traja različno dolgo. Začetek te faze pomeni točko prvega gibalnega spreminjanja položaja telesa in smuči ob koncu faze leta. Povprečno faza pristajanja traja približno eno sekundo. Na letalnici HS 300 m bi se ta faza pri poletu 300 m začela približno po 270 m letenja. Kot pristajanja oziroma vpadni kot doskoka je pri najboljših letalcih približno 38 kotnih stopinj. Pri slabših letalcih se ta kot poveča tudi prek 40 kotnih stopinj (Jošt, Vodičar, Štuhec in Vertič, 2009).

Oprema smučarjev skakalcev pomembno vpliva na tehniko leta. Skakalec med letom skupaj z opremo tvori celovit morfološki sistem, ki mu mora omogočiti čim boljši aerodinamični učinek leta in optimalno gibalno izvedbo tehnike leta. Morfologija skakalca in opreme predstavlja celovit sistem aerodinamičnih dejavnikov, ki se lahko v različnih konfiguracijah tehnike leta in opreme kaže z različno aerodinamično učinkovitostjo (Luhtanen, 1995). Optimiziranje opreme za posameznega skakalca je velik strokovni izziv in zahtevna naloga. V praksi se tega zavedajo vsi strokovni akterji smučarskih skokov s trenerji smučarjev skakalcev na čelu. Na uspešnost tehnike leta včasih pomembno vplivajo tudi majhni, navidezno nepomembni elementi opreme skakalcev. Na letalnici v Oberstdorfu HS 230 m (25. in 26. januarja 2025) sta na obeh tekmah zmagala slovenska letalca Timi Zajc in Domen Prevc. Kljub odlični tehnični predstavi obeh odličnih slovenskih letalcev je glavni trener nemške reprezentance podvomil o regularnosti opreme obeh slovenskih skakalcev. Posledica je bila velik trenerjev pritisk na kontrolorja opreme FIS. Kmalu zatem je sledila nepričakovana in težko razumljiva diskvalifikacija nekaterih slovenskih skakalcev (Anže Lanišek, Domen Prevc, Lovro Kos, Timi Zajc) tako na letalnici v Oberstdorfu kot na naslednjem tekmovanju na skakalnici HS 147 m v Willingenu v Nemčiji. Takšno ravnanje pristojnih predstavnikov Mednarodne smučarske zveze meče dvom o poštenosti in pravičnosti pri pregledu opreme skakalcev in skakalk. Kontrola opreme bi morala biti izvedena na podlagi jasnih pravil, meril in kriterijev ter biti nepristranska za vse tekmovalce.

Aerodinamični pogoji na letalnici, vključno z vplivom vetra

Aerodinamični pogoji pomembno določajo uspešnost skakalca med letom. Med poletom na skakalca stalno delujeta aerodinamični sili zračnega upora in aerodinamičnega vzgona. Vpliv obeh aerodinamičnih sil na tehniko leta je različen (Seo, Watanabe in Murakami, 2004). Iskanje optimalnega aerodinamičnega položaja skakalca med letom je predmet stalnega proučevanja različnih raziskovalcev (Meile, Müller in Reisenberger, 2008; Murakami, Hirai, Seo in Ohgi, 2008; Müller, 2008; Nørstrud in Øye, 2009; Sasaki, Tsunoda, Hoshino in Ono, 2001). Vpliv aerodinamičnih sil med letom je odvisen tudi od telesne teže skakalca. Telesna masa smučarja skakalca je postala pomembna že ob koncu klasične tehnike, po letu 1980. S sedanjo tehniko pa se je njen pomen le še povečal (Müller in DeVaney, 1996; Schmölzer in Müller, 2002). V letu 2002 je težnja po čim nižji telesni masi povzročila pojav peresno lahkih skakalcev, ki so vrednost indeksa svoje telesne mase (ITM ali angl. BMI) znižali pod še sprejemljivo zdravo mejo. Med skakalci se je pojavila bolezen anoreksija. Leta 2004 je Mednarodna smučarska zveza sprejela prve ukrepe za preprečevanje te nevarne telesne motnje. Po nekaj letih so se razmere nekoliko izboljšale, še vedno pa ima telesna masa prevelik vpliv na aerodinamične lastnosti leta (Oggiano in Saetran, 2009). Mednarodna smučarska zveza ima na voljo vzvode, da problem nizke telesne mase zmanjša in morda celo odpravi. Dobro bi bilo, da bi se s

smučarskimi skoki in poleti lahko uspešno ukvarjali tudi nekoliko težji tekmovalci. Poleg faktorja vpliva vetra in zaletnega mesta bi lahko pri evalviranju uspešnosti poletov uvedli še faktor vpliva telesne mase oziroma indeksa telesne mase.

Aerodinamične pogoje na skakalnici in letalnici spremenijo tudi vetrovne razmere. Te lahko učinkujejo na skakalčev let pozitivno, takrat prispevajo k dolžini poleta, in negativno, ko so vzrok za zmanjševanje dolžine poleta. Včasih pa lahko vetrovne razmere privedejo do kritične situacije, ko skakalec ne more varno izvesti faze leta, in povzročijo tudi padec. Mednarodna smučarska zveza je leta 2010 uvedla meritve vpliva vetra na dolžino smučarskega skoka ali poleta na tekmovanjih. Za vsako skakalnico in letalnico je bil določen faktor vpliva vetra, ki se je pozneje tudi spreminjal in dopolnjeval. Pri vrednotenju vpliva vetra se stalno pojavljajo pomisleki glede njegove pravilnosti in pravičnosti. Kljub različnim pripombam velja, da je uporaba sistema precej boljša in pravičnejša, kot če ga ne bi bilo. Težave sistema se praviloma pojavijo pri močnejšem vetru, ko njegova hitrost preseže 1 m/s. Trenutna formula FIS za izračun vpliva vetra predpostavlja linearni odnos med hitrostjo vetra in dolžino skoka oziroma poleta. Pri večjih hitrostih vetra se pojavi bolj nelinearni vpliv vetra (Jošt, 2023). To domnevo potrjujejo posamezni praktični primeri. Tak je bil ekstremno dolg skok Timija Zajca 161,5 m pri majhni zaletni hitrosti 86,4 km/h na skakalnici HS 147 m v Willingenu v Nemčiji. V posameznem primeru so lahko razlike v dolžini poleta pri istem letalcu zaradi vpliva vetra izjemno velike. Če letalec poleti pri ničelnem vetru 200 m, bi bil njegov polet lahko pri tangencialnem vzgonskem vetru (+2 m/s) precej daljši, kar 228 m. In obrnjeno, pri vetru v hrbet (−2 m/s) precej krajši, samo 165 m. Razlika med dolžino teh dveh poletov je lahko kar 63 m. Poleti na smučeh bodo tudi v prihodnje potekali v naravnem okolju. Na povečani letalnici HS 300 m bo pri ekstremno dolgih poletih prirastek vpliva vetra lahko še večji, tudi do 20 odstotkov sedanjega vpliva na letalnici HS 240 m. To pomeni, da bi lahko ob vzgonskem vetru 2 m/s letalec polet dolžine 270 m podaljšal celo do 300 m. Rekordni polet dolžine 300 m bi lahko smučar letalec s pomočjo navedenega tangencialnega vzgonskega vetra 2 m/s hipotetično dosegel že pri poletu, ki bi bil pri ničelnem vetru dolg le 270 m. Kdo bo prvi poletel prek 300 m, bo odvisno predvsem od darila narave v obliki vzgonskega vetra oziroma odločitve tekmovalne žirije. Na letalnici HS 300 m bo težko pričakovati idealni tangencialni vzgonski veter po celotnem doskočišču letalnice. Takšen termični veter bi se lahko naključno pojavil samo v ugodnih vremenskih okoliščinah in v redkih posameznih primerih. Aerodinamični pogoji na letalnici HS 300 m bodo odvisni tudi od njene nadmorske višine. Letalnica v Vikersundu ima pri nadmorski višini 100 m precej boljše aerodinamične pogoje kot letalnica v Planici, ki leži na nadmorski višini 800 m. To pomeni, da bi bili rekordni poleti prek 300 m lažje dosegljivi na povečani letalnici v Vikersundu, kot bi bili na povečani letalnici v Planici. Razlike med obema letalnicama HS 300 m bi se samo še povečale. Na letalnici v Vikersundu bi se ob ugodnem vzgonskem vetru rekordni polet prek 300 m lahko zgodil celo pri zaletni hitrosti, manjši od 100 km/h.

ČETRTO POGLAVJE

MOŽNOSTI ZA DOSEGANJE REKORDNIH POLETOV NA SEDANJIH SMUČARSKIH LETALNICAH

Po zgodovinskem poletu Janneja Ahonena so postali poleti na smučeh še bolj zanimivi za gledalce ob letalnicah in televizijsko občinstvo po vsem svetu. Tekmovanja na največjih letalnicah v Vikersundu in Planici spadajo med najbolj gledane televizijske športne dogodke. Pričakovanja ljubiteljev poletov na smučeh so nenehno usmerjena k novim svetovnim rekordom, ki so jih na tako rekoč vsaki prireditvi obljubljali tudi prireditelji tekmovanj. Te populistične in vsečne obljube so bile in so še vedno veliko breme za vrhunske letalce na smučeh. Želje po doseganju novega rekorda so velike, v podzavesti pa je čutiti strah pred morebitnimi poškodbami ob rekordnem skoku na premajhnih letalnicah. Te so danes kljub manjšim kozmetičnim povečavam v resnici premajhne za nove varne rekordne polete.

Trenutno tekmovanja potekajo na štirih smučarskih letalnicah na svetu. Letalnici v Oberstdorfu v Nemčiji in Bad Mitterndorfu v Avstriji sta z vidika realne možnosti za nov rekordni dosežek zanesljivo premajhni.

Smučarska letalnica v Bad Mitterndorfu

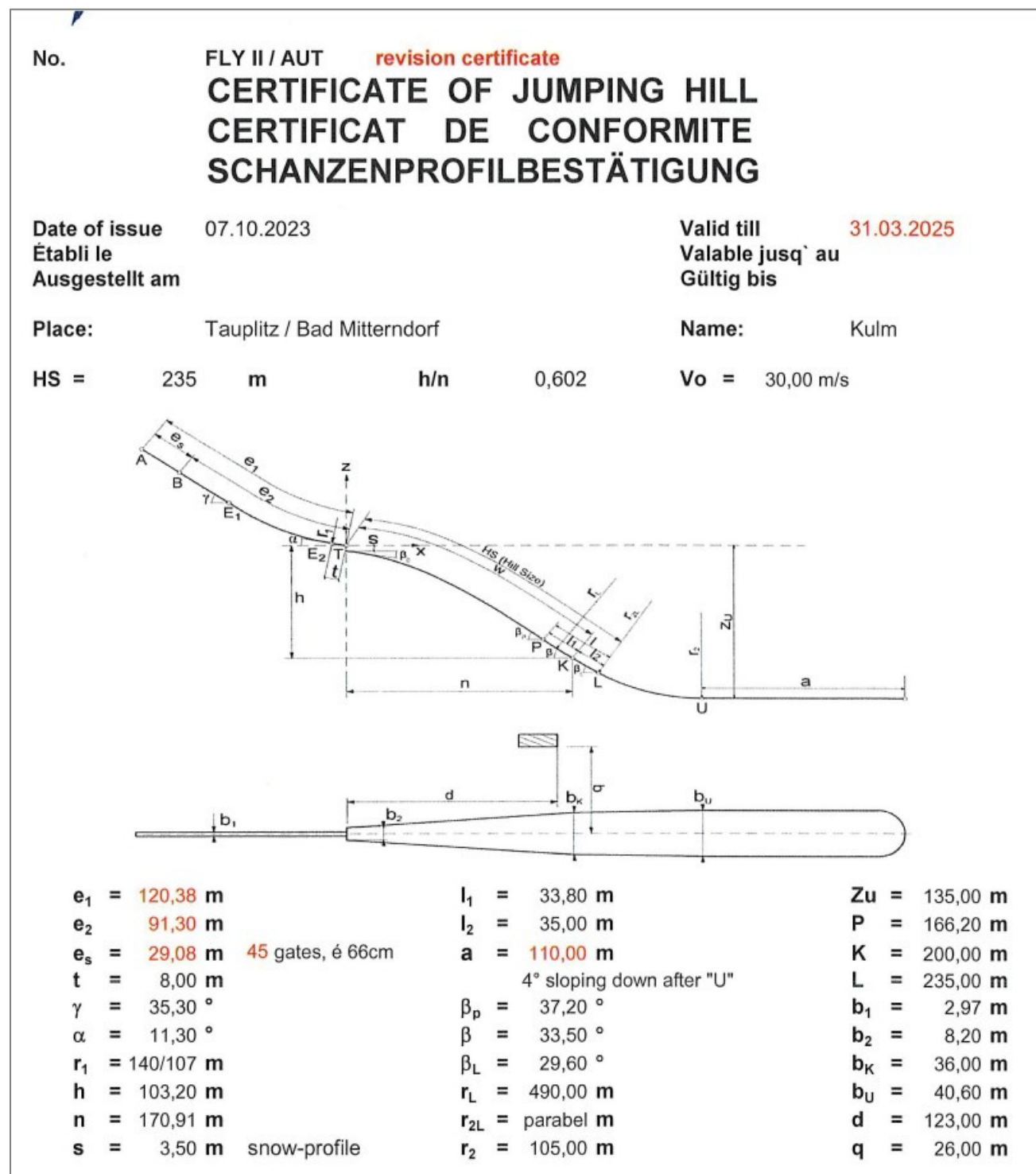
Smučarsko letalnico v Bad Mitterndorfu v Avstriji so leta 2015 povečali na sedanjo velikost HS 235 m. Svetovno prvenstvo v smučarskih poletih so na njej izvedli leta 2016. Zmagovalec in svetovni prvak v poletih na smučeh je postal Peter Prevc (Slika 60).

Slika 60: Kulmska letalnica



Na tem tekmovanju je Peter Prevc postavil tudi trenutni rekord letalnice 244 m. Rekordni polet točko velikosti letalnice HS 235 m presega za 9 m. V skladu s pravili FIS se takšni poleti ne bi smeli zgoditi, ker so daljši od uradno določene dolžine doskočišča (Slika 61).

Slika 61: Potrdilo o homologaciji za letalnico v Bad Mitterndorfu v Avstriji



Smučarska letalnica v Oberstdorfu

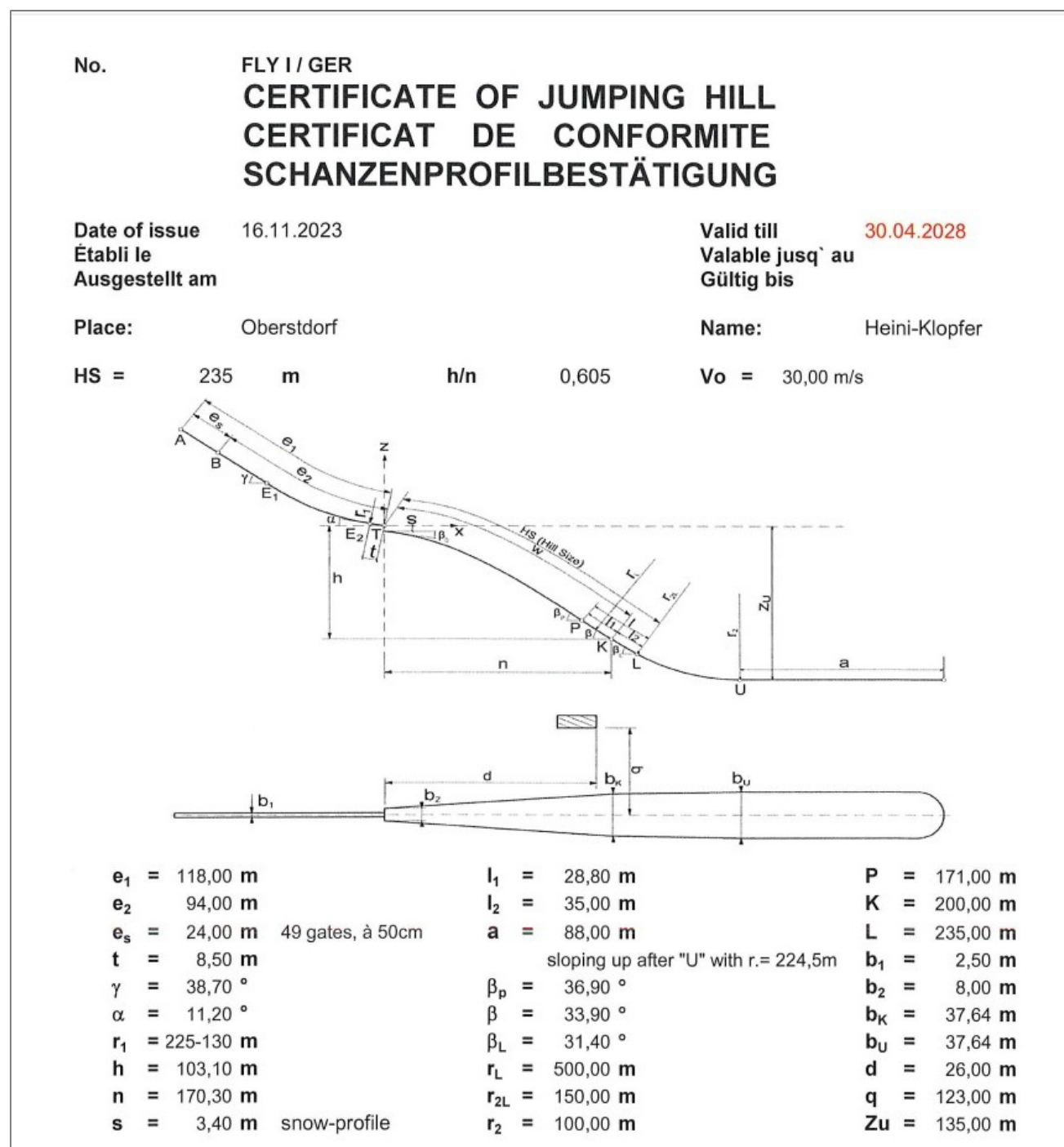
Smučarska letalnica v Oberstdorfu je enake velikosti kot letalnica na Kulmu v Avstriji. Leta 2017 so jo povečali na sedanjo velikost HS 235 m (Slika 62).

Slika 62: Prenovljena letalnica HS 235 m v Oberstdorfu



Rekord letalnice v Oberstdorfu 242,5 m je leta 2022 postavil slovenski letalec Domen Prevc. Njene osnovne geometrijske značilnosti so podobne tistim pri letalnici na Kulmu (Slika 63).

Slika 63: Potrdilo o homologaciji za letalnico v Oberstdorfu v Nemčiji



Letalnica v Vikersundu

Letalnico v Vikersundu HS 207 m na Norveškem so leta 2010 povečali na sedanjo velikost HS 225 m oziroma HS 240 m, z višinsko razliko $Z_U = 135$ m (Slika 64).

Slika 64: Prenovljena letalnica HS 225–240 m v Vikersundu na Norveškem leta 2010, $Z_U = 135$ m

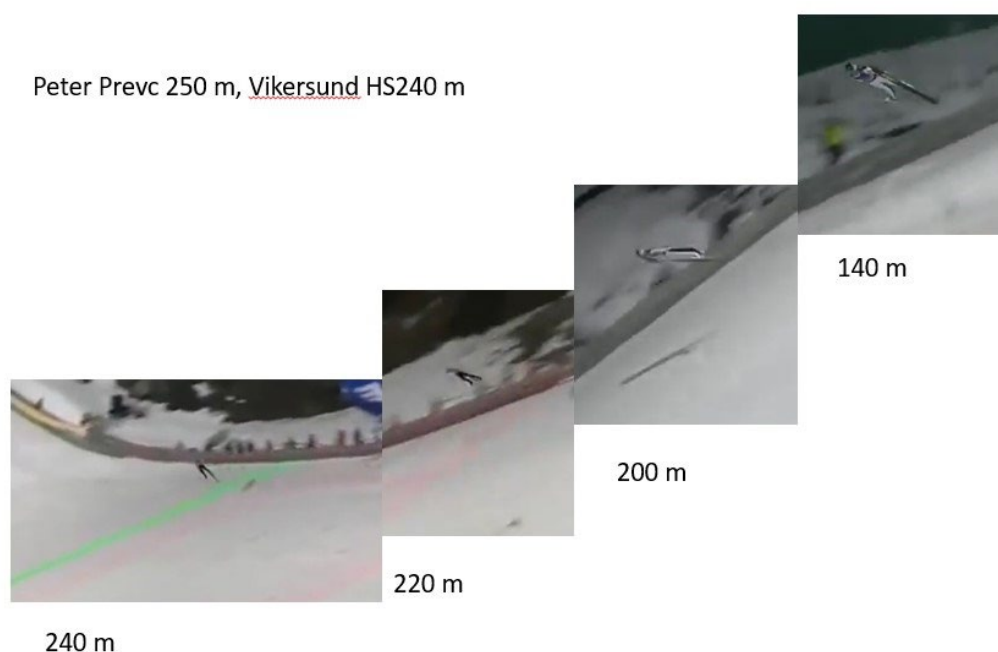


Na prenovljeni in povečani letalnici v Vikersundu je 11. februarja 2011 Johan R. Evensen postavil nov svetovni rekord 243 m. Istega dne je svoj rekord popravil na 246,5 m. Njegovi rekordni poleti so bili navidezno enostavni in varni. Letalnica v Vikersundu je leta 2011 prevzela vodilni položaj pri postavljanju novih rekordnih dosežkov. Stroka je tudi spoznala, da ima zaradi svoje lege na nizki nadmorski višini (iztek letalnice je 138 n. v.) prednost pred planiško letalnico. Aerodinamični pogoji

za letenje so ugodnejši kot na planiški letalnici, ki leži na precej višji nadmorski višini (iztek 940 n. v.). Planiško letalnico pa v določenih vremenskih razmerah odlikuje močan občasen vzgonski veter.

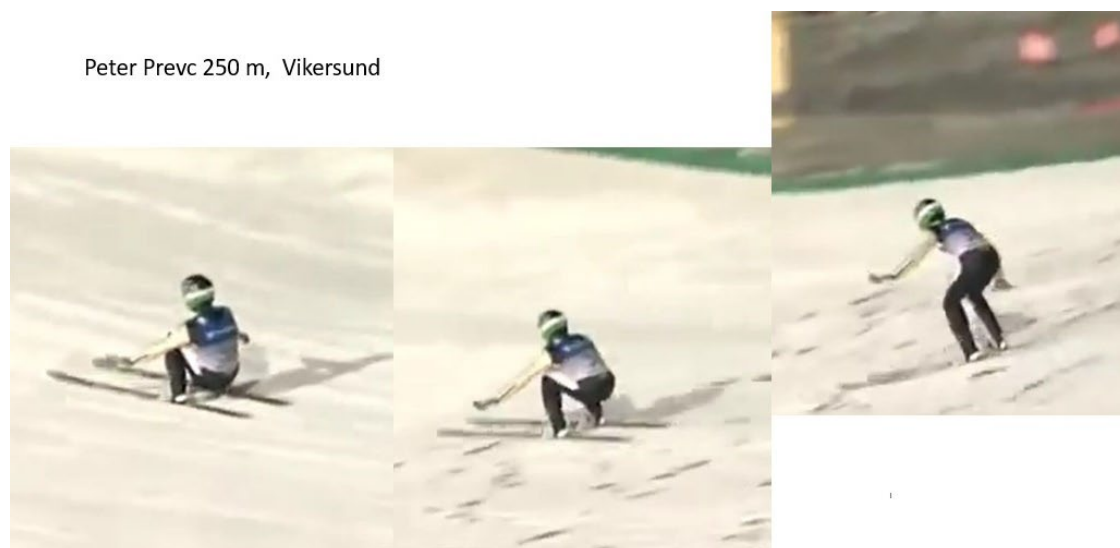
Vrhunski slovenski smučarski letalec Peter Prevc je 14. februarja 2015 na letalnici v Vikersundu poletel na nov zgodovinski mejnik 250 m (Slika 65).

Slika 65: Slikovni prikaz poleta Petra Prevca na 250 m 14. februarja 2015



Krivulja njegovega poleta je bila razmeroma nizka. Na 80 m je imel največjo vertikalno višino leta približno 7 m. Ta se je potem do 140 m znižala na približno 4 m, pri 220 m je Peter letel na višini približno 3,5 m, pri 240 m pa na višini približno 2,5 m. Peter je rekordni polet končal brez telemarka (Slika 66).

Slika 66: Peter Prevc je pri rekordnem poletu 250 m doskočil brez telemarka



Dan pozneje je domači norveški letalec Anders Fannemel poletel 251,5 m. V zelo dobrih razmerah za letenje v Vikersundu je ruski letalec Dimitrij Vasiljev 15. februarja 2015 poletel kar 254 m in se po doskoku žal dotaknil snežne podlage.

Norvežan Robert Johansson je dve leti pozneje, 18. marca 2017, na domači letalnici v Vikersundu poletel 252 m. Še istega dne je Avstrijec Stefan Kraft rekord podaljšal na 253,5 m.

Slika 67: Slikovni prikaz poleta Stefana Krafta 253,5 m, Vikersund HS 240 m, 18. marec 2017



Višina poleta Stefana Krafta je bila razmeroma nizka (pri 70 m približno 7 m, pri 100 m približno 5 m, pri 200 m približno 4 m, pri 240 m približno 3 m). Pri doskoku je imel avstrijski letalec velike težave. Ni veliko manjkalo, pa bi namesto slave doživel klavrno usodo anonimnega in nepomembnega nosilca svetovnega rekorda, kar se je na letalnici v Vikersundu zgodilo ruskemu skakalcu Dimitriju Vasiljevu.

Letalnica v Vikersundu je bila nosilka svetovnega rekorda 253,5 m osem let. Rekordni polet Stefana Kraftha na letalnici HS 225 m je potekal ob majhni zaletni hitrosti 99,6 km/h, ugodnih vetrovnih razmerah in razmeroma nizki krivulji leta, ki je tipična za letalnico v Vikersundu. Doskok v točki rekordne dolžine 253,5 m je bil izveden brez telemarka. Z varnim nizkim položajem v globokem počepu je Stefan Kraft ublažil velik pritisk na podlago in ohranil ravnotežni položaj (Slika 68).

Slika 68: Doskok Stefana Kraftha pri poletu 253,5 m v tipičnem nizkem počepu

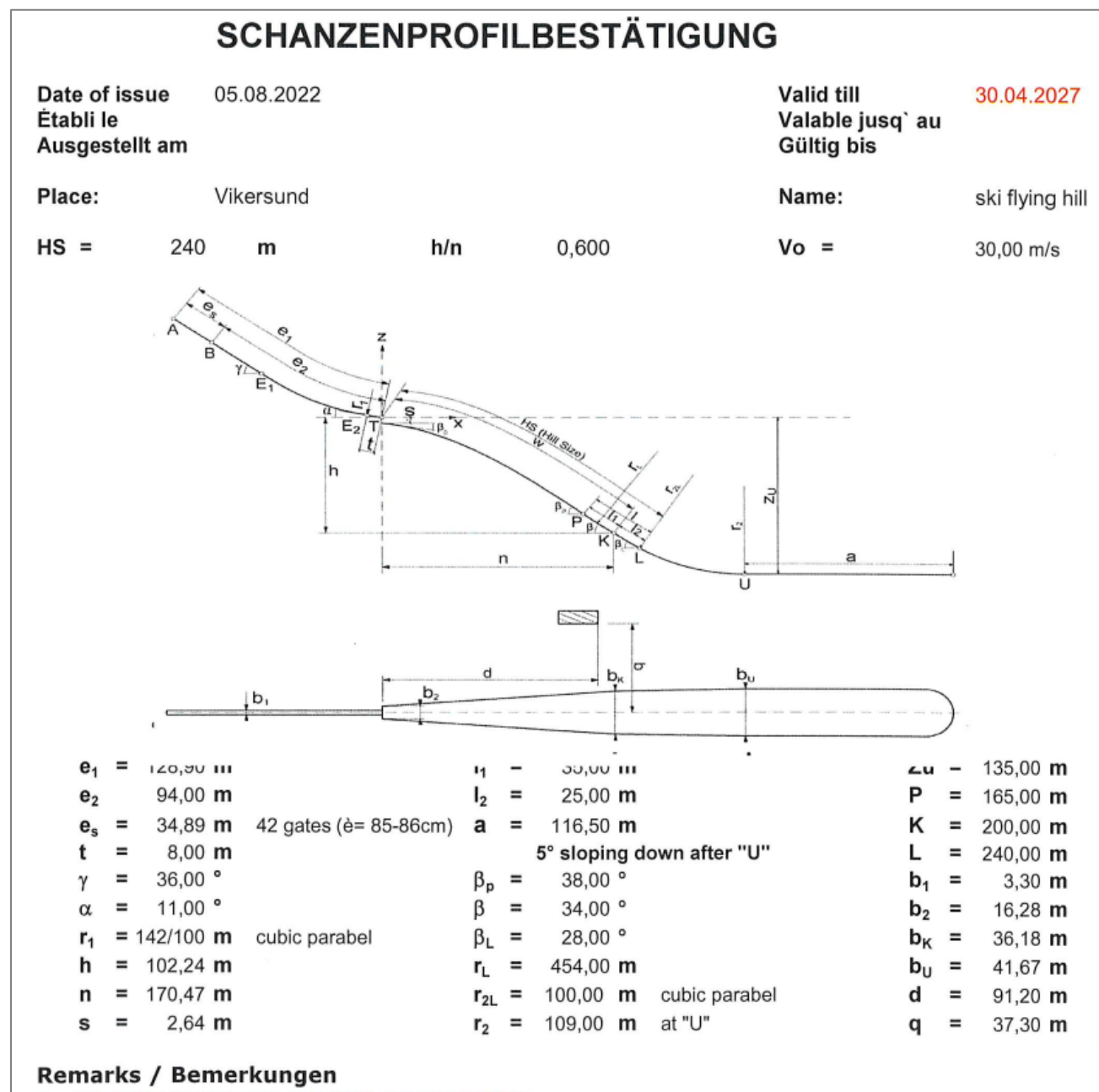


Vrhunski avstrijski skakalec je moral pokazati izjemno gibalno spretnost, da mu je uspelo doskok izvesti brez dotika telesa s podlago.

Njegov polet je meril kar 28,5 m več od točke velikosti skakalnice pri 225 m. Zaradi velike prekoračitve te točke je Mednarodna smučarska zveza letalnico HS 225 m 12. marca 2018 samo na papirju povečala na velikost HS 240 m (Slika 69).

Rekordni polet Stefana Kraftha je bil glede na velikost letalnice HS 240 m izveden kar 13,5 m prek te točke. Letalnica v Vikersundu ima pri novi točki velikosti letalnice HS 240 m naklon le 28 kotnih stopinj. Ta pa se je do točke 253,5 m še značilno pomanjšal. Skakalec je bil tako kot vsi drugi letalci, ki so poleteli v bližino rekordne daljave, močno izpostavljen nevarnosti padca in poškodb. V skladu s trenutnimi predpisi Mednarodne smučarske zveze bi se morali izogibati poskusom povečanja rekorda na sedanji velikosti letalnice HS 240 m. Vsak poskus vodstva tekmovanja, da bi to dosegli, bi pomenil veliko nevarnost za letalca in neodgovorno vodenje tekmovanja. Nadaljnji razvoj svetovnega rekorda na letalnici v Vikersundu bo mogoč le ob znatnem povečanju njene velikosti.

Slika 69: Potrdilo o homologaciji za letalnico v Vikersundu na Norveškem



Opomba. Povzeto po trenutno veljavni homologaciji FIS (<https://www.fis-ski.com/DB/ski-jumping/homologations.html>).

Letalnica HS 240 m v Planici

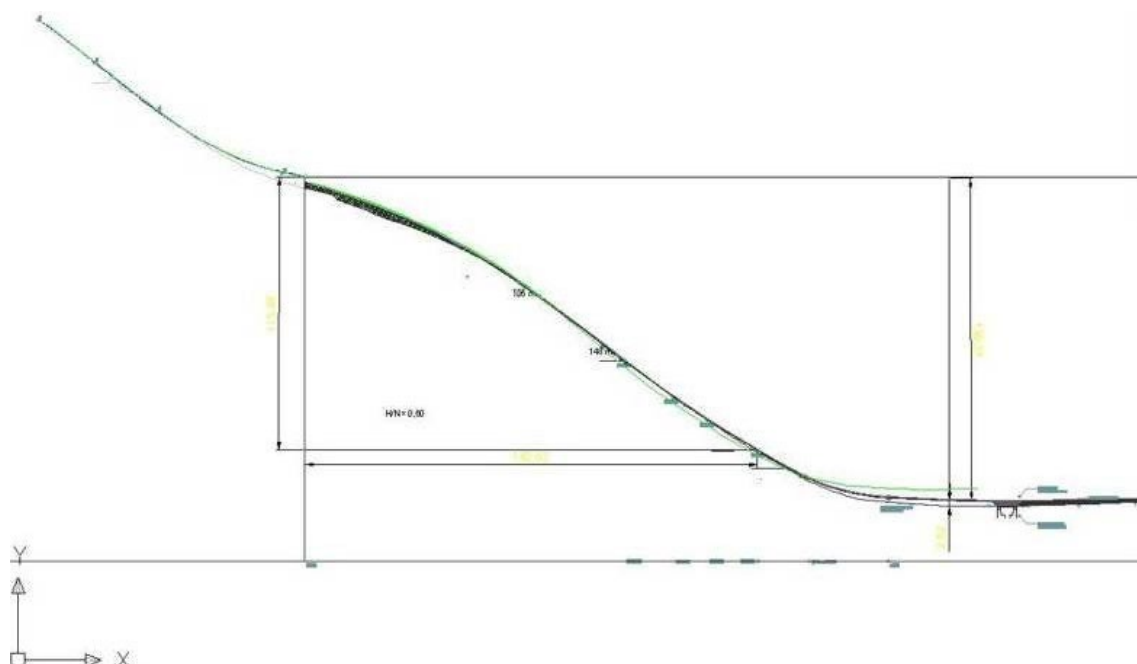
Letalnica HS 240 m leži v lepem naravnem okolju na nadmorski višini od 940 m (iztek letalnice) do 1140 m (vrh zaletišča). Sedanja letalnica bratov Gorišek HS 240 m je bila leta 2014 povečana s predhodne velikosti HS 215 m (Slika 70).

Slika 70: Prenova planiške letalnice bratov Gorišek HS 225–240 m leta 2014, $Z_U = 135$ m



Uradno se je tedanja letalnica HS 215 m povečala na velikost HS 225 m za 10 m. Pri tej povečavi se je vertikalna razdalja med robom odskočne mize in najnižjo točko izteka (Z_U) povečala za 5 m, z razdalje 130 na 135 m (Slika 71). V zgornjem delu in do točke velikosti letalnice sta si bili stara in nova letalnica dokaj podobni.

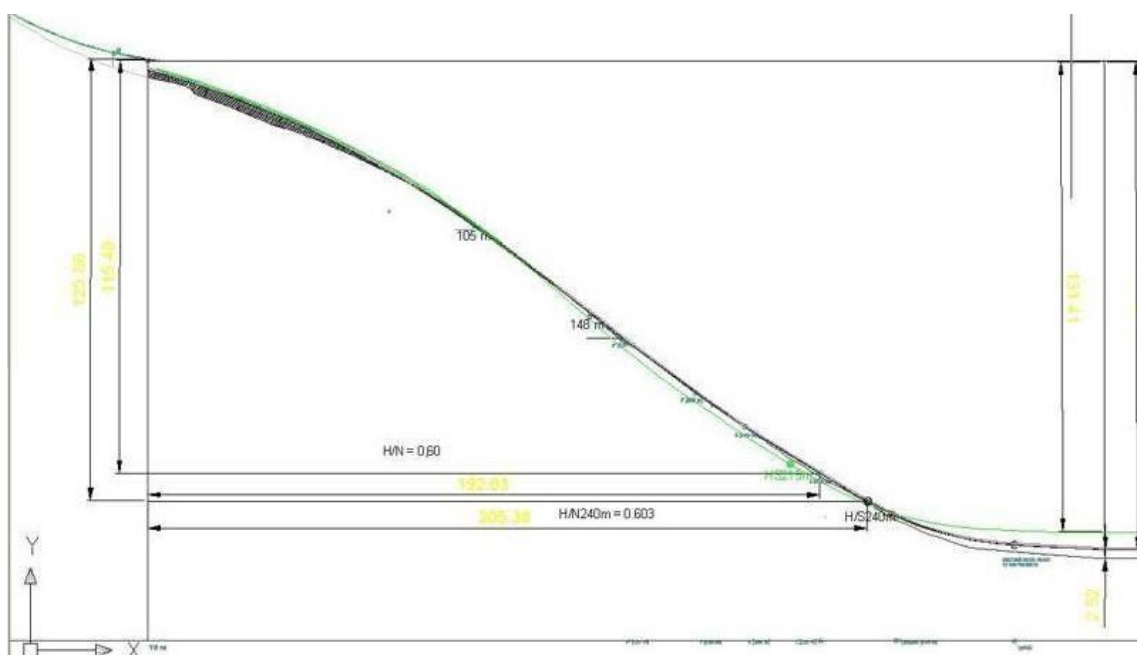
Slika 71: Sedanja planiška letalnica HS 240 m se je leta 2014 povečala za 10 m



Prva tekma na prenovljeni planiški letalnici HS 225 m je bila 16. marca 2015. Norvežan Robert Johansson je 25. marca 2017 prvi poletel 250 m. Še isti dan je Stefan Kraft poletel 251 m. Rekordni dan v Planici je sklenil Poljak Kamil Stoch s poletom 251,5 m. Dve leti pozneje, 24. marca 2019, je Rjoju Kobajaši postavil zdajšnji rekord planiške letalnice 252 m.

Leta 2018 je Mednarodna smučarska zveza samo na papirju povečala velikost planiške letalnice HS 225 m na zdajšnjo velikost HS 240 m (Slika 72). Pri tem se je ohranilo tudi enako osnovno razmerje letalnice, $H/N = 0,60$.

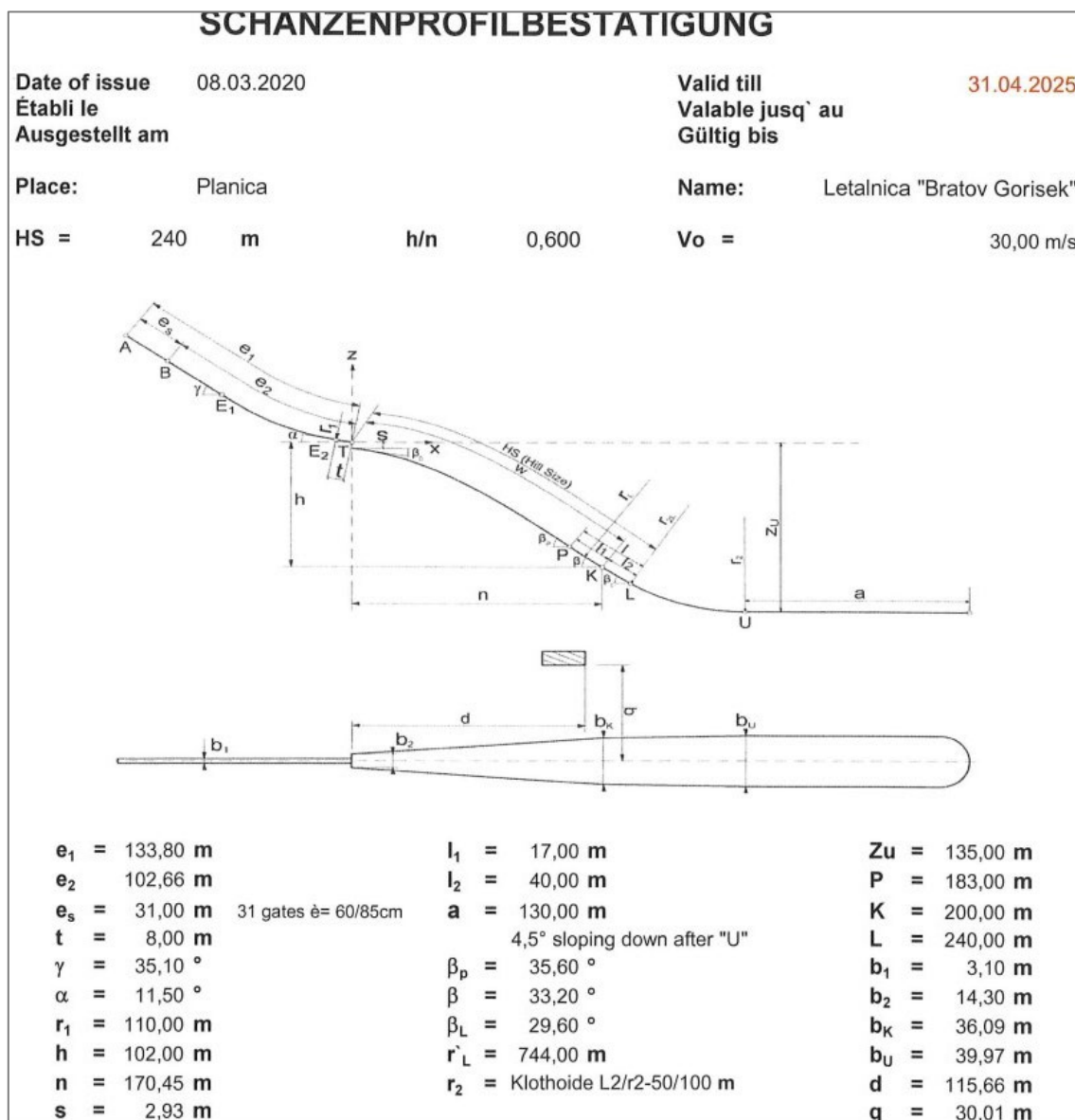
Slika 72: Le na papirju povečana planiška letalnica HS 225 m na velikost HS 240 m leta 2018 (prikaz doskočišča)



Mednarodna smučarska zveza je papirnato povečanje letalnice izvedla brez ustreznega povečanja vertikalne razdalje med robom odskočne mize in najnižjo točko izteka letalnice (Z_U). Ta razdalja se je ohranila pri velikosti 135 m. Ob povečanju letalnice z velikosti HS 225 m na HS 240 m bi se morala omenjena razdalja Z_U proporcionalno povečati na velikost 144 m. Samo tako bi se lahko ohranilo ustrezno razmerje med povečano točko velikosti letalnice HS 240 m in spodnjim prehodnim lokom, ki po koncu doskočišča zagotavlja varno vožnjo v iztek in zaustavljanje smučarjev skakalcev. Takšno ravnanje pristojnih organov pri Mednarodni smučarski zvezi je težko razumljivo, saj naj bi bile geometrijske razsežnosti skakalnic in letalnic odvisne predvsem od njihovih velikosti (HS). Če se denimo majhna 15-metrška skakalnica poveča na večjo 20-metrško, se mora nujno sorazmerno povečati tudi razdalja Z_U , ki je ključna določevalka velikosti in celotne konfiguracije geometrije doskočišča ter spodnjega loka skakalnice.

Spremembe v potrdilu za homologacijo povečane velikosti planiške letalnice so bile izvedene samo na papirju, brez učinka na terenu (Slika 73). V javnosti se je tako ustvaril lažni vtis, da bodo na papirnato povečani planiški letalnici tudi poleti daljši in novi svetovni rekordi lažje doseženi.

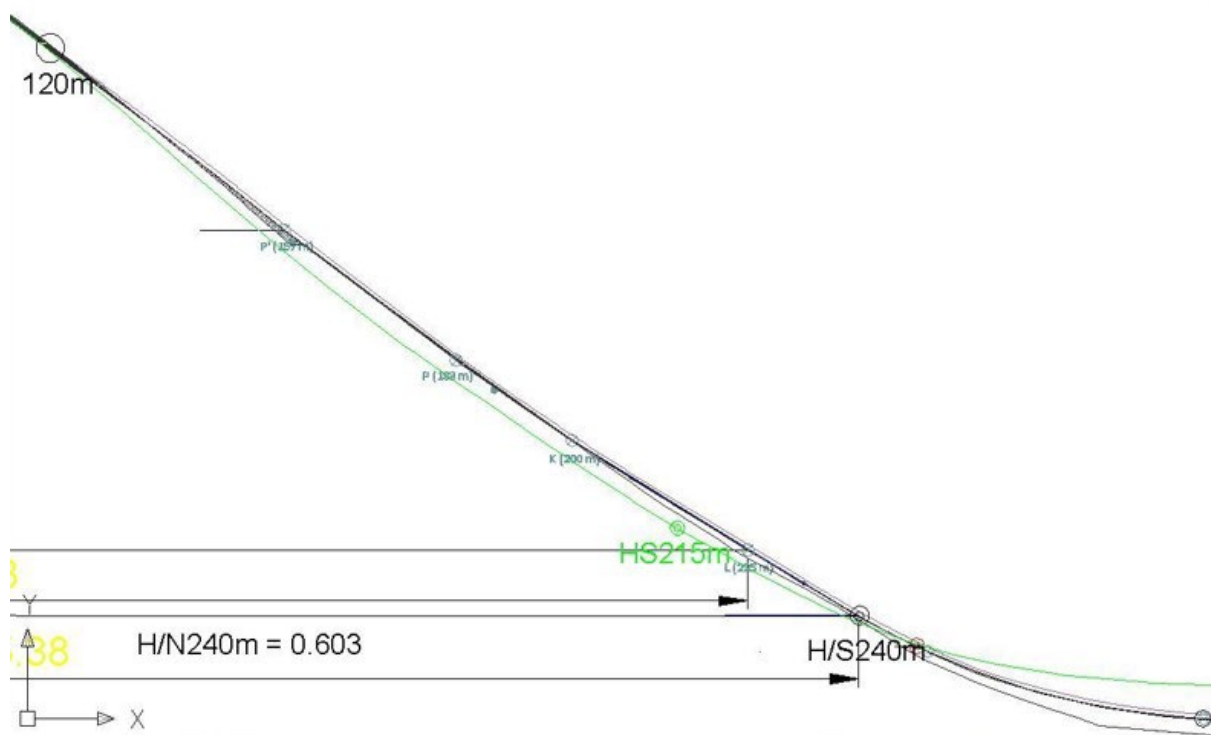
Slika 73: Potrdilo o homologaciji za letalnico HS 240m v Planici v Sloveniji



Opomba. Povzeto po trenutno veljavni homologaciji FIS
(<https://www.fis-ski.com/DB/ski-jumping/homologations.html>).

Pomembna sprememba se je pri zadnjem povečanju planiške letalnice zgodila na doskočišču letalnice, med točkama 120 in 240 m. Vzdolžni lok doskočišča se je glede na letalnico HS 215 m močno ublažil (Slika 74).

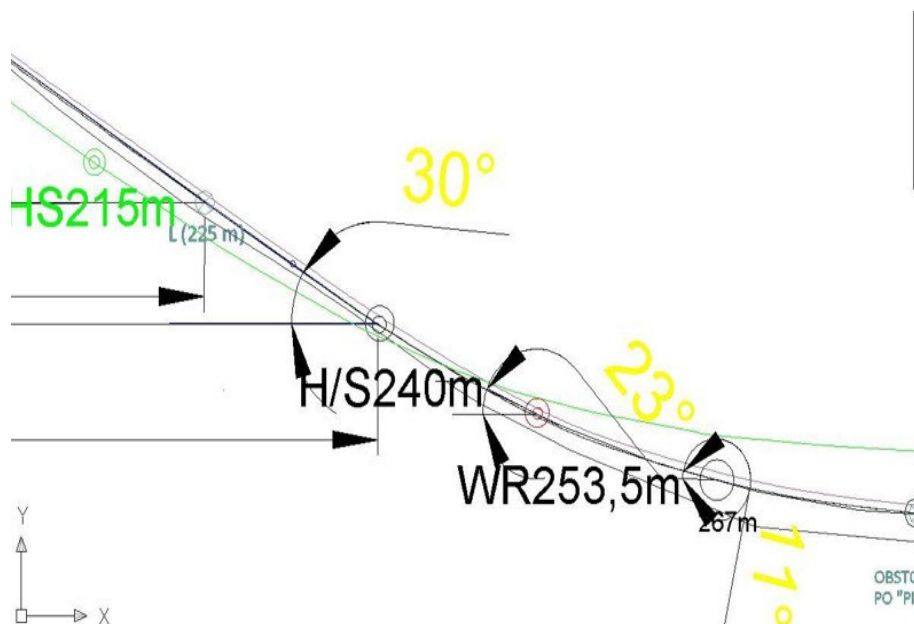
Slika 74: Pri zadnjem povečanju planiške letalnice s HS 215 m na velikost HS 240 m se je zmanjšal vzdolžni lok doskočišča med točkama 120 in 240 m



Omenjena sprememba na doskočišču je znižala višino leta med obema točkama, še zlasti v točki K pri 200 m. Strmina doskočišča se je zaradi tega posega znižala in postala bolj prijazna tako smučarjem letalcem kot delavcem pri pripravi in vzdrževanju doskočišča. Skakalnica je bila zgrajena v skladu s sodobnimi standardi in vgrajenimi markerji za kontrolo vzdolžnega profila letalnice.

Navidezno povečanje točke velikosti letalnice pristojnega odbora FIS za gradnjo in homologacijo letalnic ni v ničemer olajšalo možnosti za nov rekordni polet. V točki 253,5 m je strmina doskočišča še vedno ostala le 23,5 kotne stopinje. Ob koncu doskoka (približno po 0,5 sekunde časa doskoka) je novega rekorderja Domna Prevca pri poletu 254,5 m čakala horizontalna ravnina (pri dolžini 267 m), 11 kotnih stopinj. Pritisk na letalca je bil pri rekordnem poletu dokaj velik in nevaren. To je leta 2018 na svoji koži še najbolj občutil avstrijski letalec Gregor Schlierenzauer (Slika 75).

Slika 75: Naklon doskočišča na planiški letalnici HS 240 m je pri 253,5 m le 23 kotnih stopinj



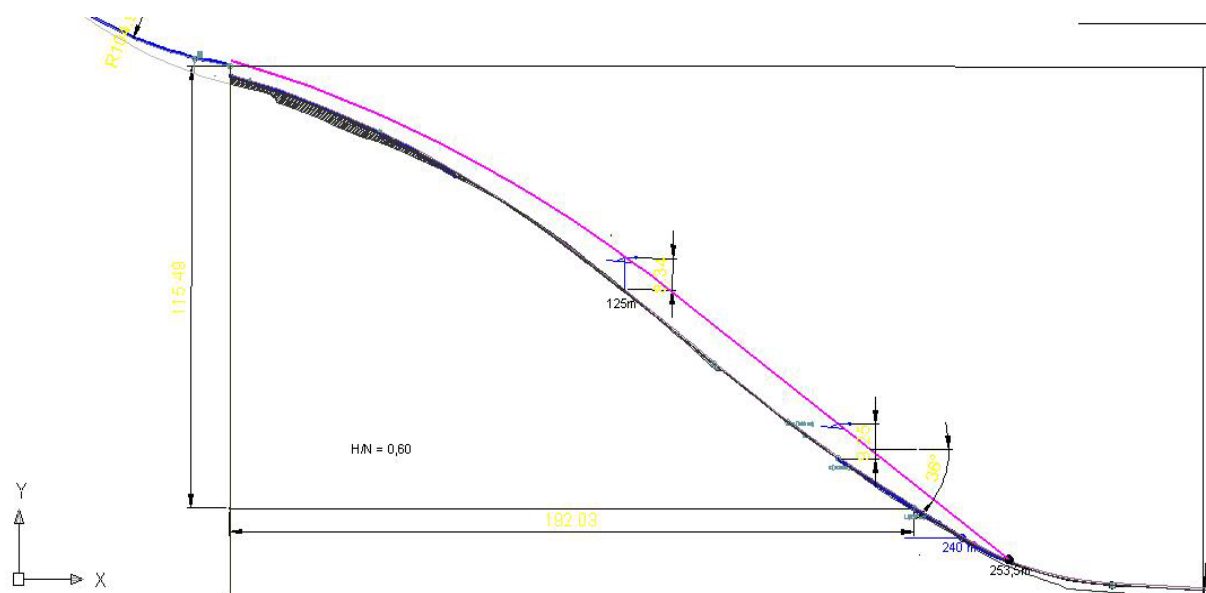
Na finalu svetovnega pokala v Planici 22. marca 2018 je Avstrijec Gregor Schlierenzauer v kvalifikacijah poletel na daljavo aktualnega svetovnega rekorda 253,5 m (Slika 76). Vetrovne razmere za njegov polet so bile odlične.

Slika 76: Polet Gregorja Schlierenzauerja v Planici, 253,5 m



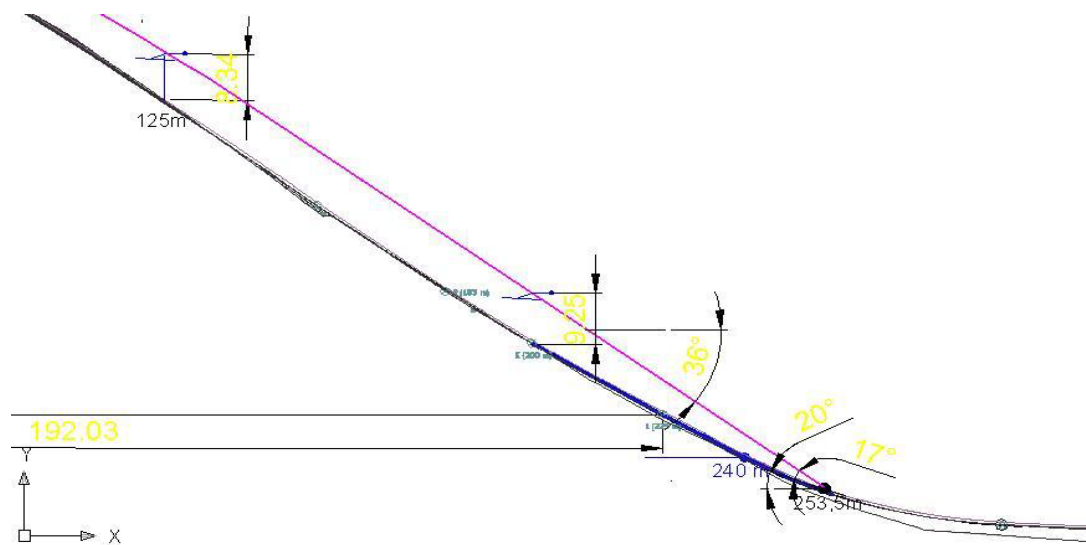
Krivulja njegovega poleta je razvidna iz Slike 77.

Slika 77: Krivulja leta Gregorja Schlierenzauerja, 253,5 m, Planica 2018



Pri doskoku je imel Gregor Schlierenzauer visok vpadni kot doskoka, 17 kotnih stopinj (Slika 78).

Slika 78: Gregor Schlierenzauer je imel pri poletu 253,5 m vpadni kot pri doskoku približno 17 kotnih stopinj



Avstrijskega skakalca je izjemno dolg polet presenetil. Že pri točki leta 220 m je začel zavirati polet in se pripravljati na doskok (Slika 79). Pred stikom s podlago je celo nastavil položaj telesa in smuči za doskok v telemark.

Slika 79: Avstrijski skakalec je dokaj zgodaj, pri 220 m, začel zavirati polet, dolg 253,5 m



Doskok avstrijskega šampiona se je zaradi velikega pritiska namesto v telemarku končal v globokem počepu in z dotikom rok ob snežno podlago (Slika 80). Največji pritisk ob doskoku Gregorja Schlierenzauerja je obsegal približno osemkratnik njegove telesne teže in opreme (cca 5600 N). Tak pritisk bi začutil, če bi z višine 3,5 m doskočil vertikalno na podlago.

Slika 80: Daskok Gregorja Schlierenzauerja se je končal z dotikom rok ob snežno podlago



Začetek doskoka

Gregor Schlierenzauer, 253m5 m



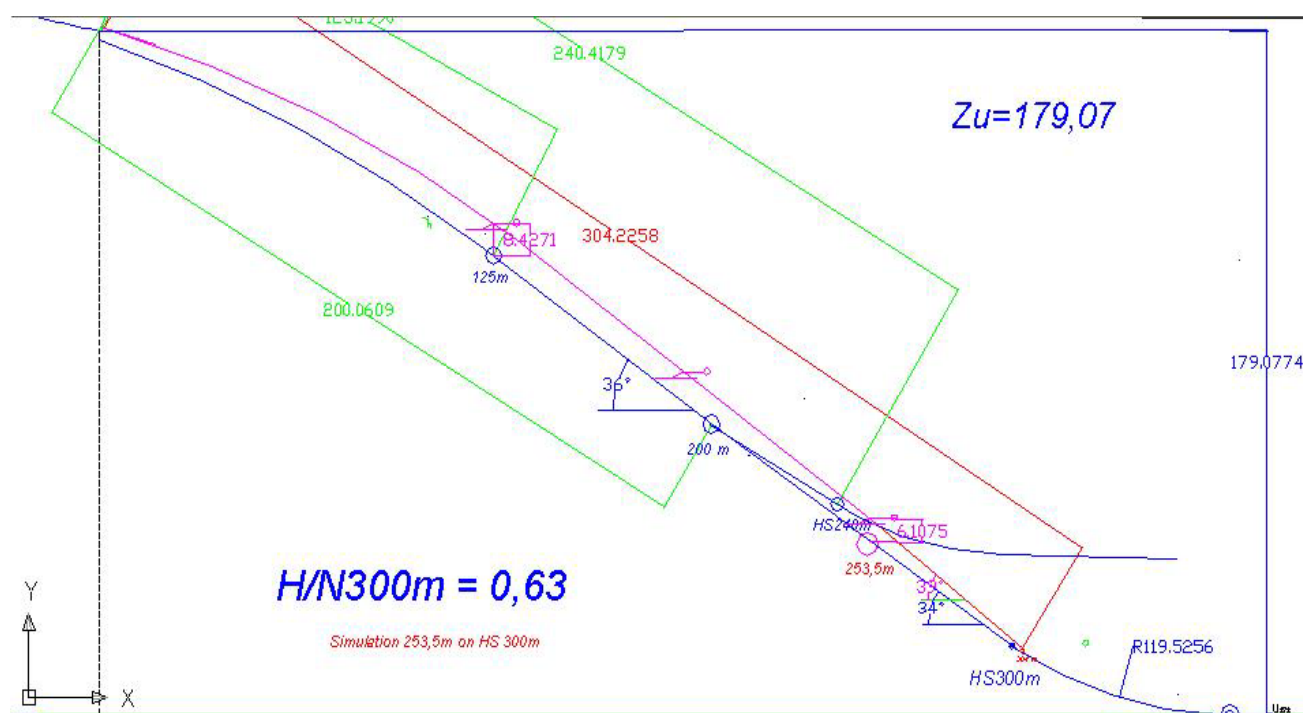
Sredina doskoka



Konec doskoka

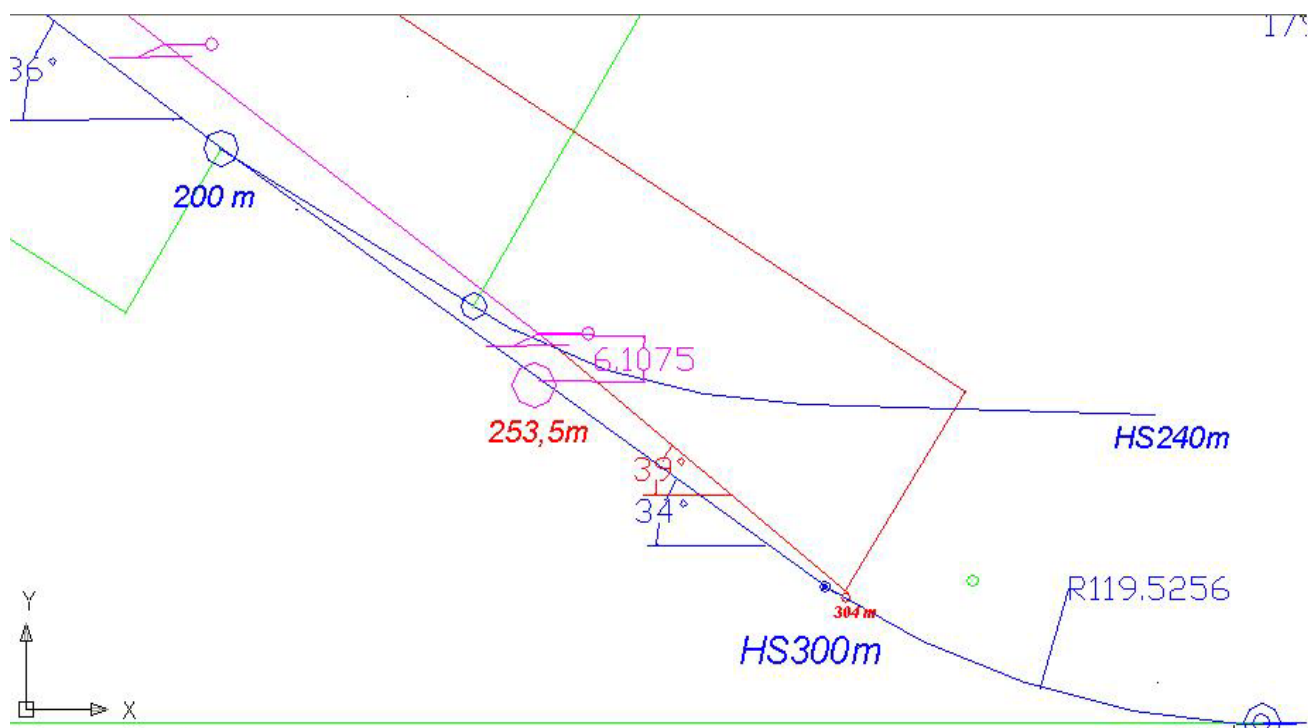
Na Gregorja Schlierenzauerja pri doskoku ni delovala samo sila pritiska na telo, ampak tudi centrifugalna sila, sila trenja in sila zračnega upora. Vse omenjene sile so oteževale zmožnost uspešne vzpostavitve ravnotežnega položaja pri doskoku. Če bi skakalec poskušal doskočiti v telemark, bi se takšen doskok lahko končal s hudim padcem. Pri doskoku v telemark bi skakalec težko ublažil velik pritisk in še težje vzpostavil ravnotežni položaj, ki bi mu omogočil varno vožnjo v spodnjem prehodnem loku do izteka letalnice. Varen doskok bi odličnemu avstrijskemu letalcu pri poletu 253,5 m omogočila le večja planiška skakalnica. Ta bi lahko bila glede na trenutno velikost letalnice HS 240 m dokaj enostavno povečana za kar 70 m. Simulacija poleta 253,5 m na enostavno povečani planiški letalnici HS 300 m je pokazala, da bi Gregor Schlierenzauer na njej lahko poletel kar 304 m (Slika 81).

Slika 81: Gregor Schlierenzauer bi na enostavno povečani planiški letalnici HS 300 m ($H/N = 0,63$, $Z_u = 179$ m) lahko poletel 304 m



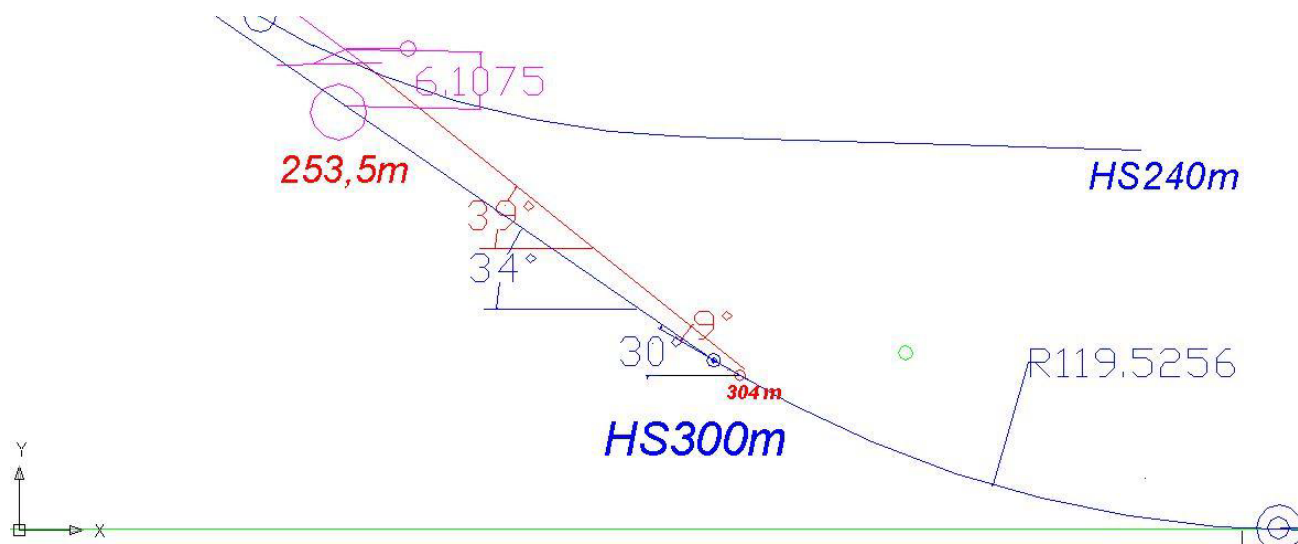
Njegov polet v drugem delu leta, med 270 in 304 m, bi potekal pri kotu letenja 39 kotnih stopinj (Slika 82).

Slika 82: Drugi del simuliranega poleta Gregorja Schlierenzauerja 304 m



Polet dolžine 304 m Gregorja Schlierenzauerja bi se na letalnici HS 300 m končal z vpadnim kotom doskoka 9 kotnih stopinj (Slika 83).

Slika 83: Vpadni kot doskoka pri simuliranem 304 m dolgem poletu bi bil približno 9 kotnih stopinj



Sila pritiska v točki doskoka pri 304 m, pri vpadnem kotu doskoka 9 kotnih stopinj, bi bila razmeroma velika, obsegala bi približno petkratnik telesne teže skakalca. Za povsem varen doskok bi morala biti letalnica HS 300 m pri točki doskoka 304 m še bolj strma (34 kotnih stopinj). Le tako vpadni kot skakalca pri doskoku ne bi presegal 5 kotnih stopinj.

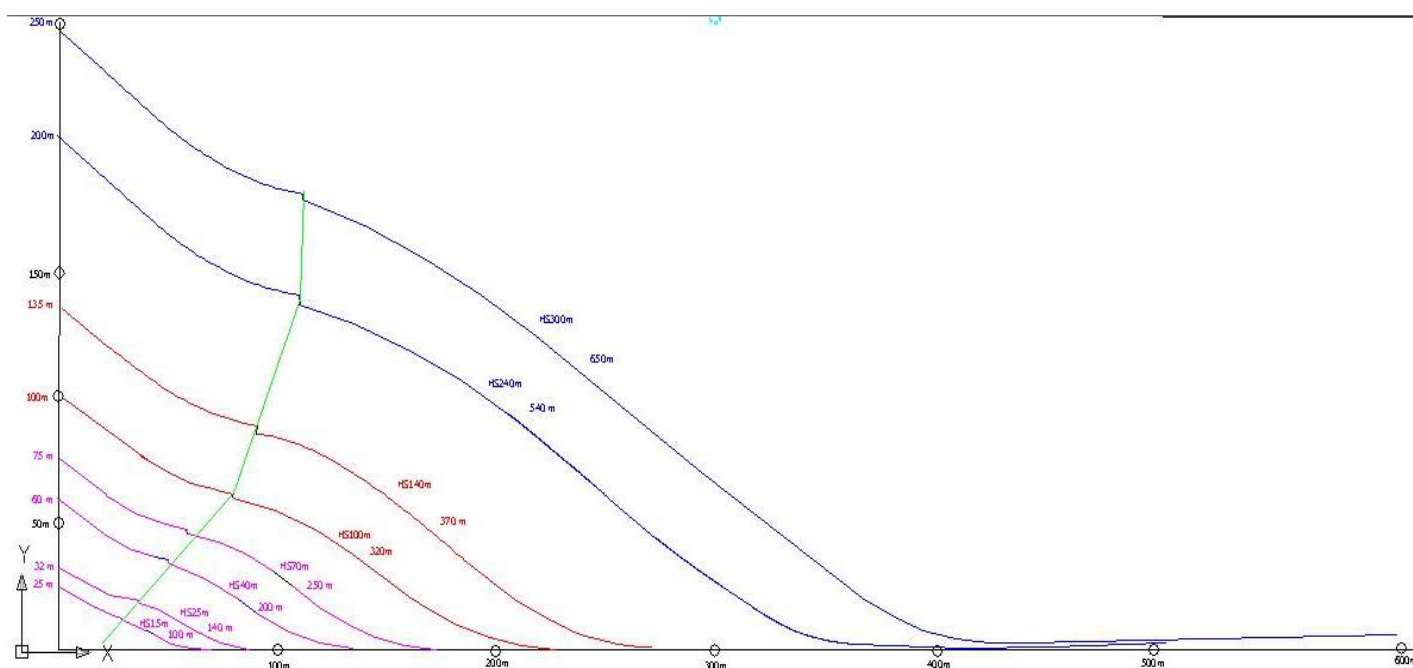
Na podlagi dveh simulacij izvedenih poletov na planiški letalnici (Simon Ammann 233 m leta 2009 in Gregor Schlierenzauer 253,5 m leta 2018) bi lahko ugotovili, da je bila največja ovira pri povečanju svetovnega rekorda Stefana Krafta 253,5 m le premajhna letalnica. Tega dejstva ne more spremeniti niti aktualni rekordni polet odličnega letalca Domna Prevca 254,5 m, ki ga je 30. marca 2025 dosegel na planiški letalnici. Če bi Mednarodna smučarska zveza pri zadnji prenovi planiške letalnice dopustila ustrezno proporcionalno povečanje vertikalne razdalje Z_U na vsaj 140 m, bi Domen Prevc rekordni polet morda končal tudi z doskokom v telemark.

PETO POGLAVJE

REKORDNI POLETI BREZ POVEČANJA LETALNIC NISO VEČ MOGOČI – KAKO NAPREJ?

Razvoj svetovnega rekorda v poletih od 100 (v letu 1936) do 200 m (v letu 1994) je trajal 58 let. Gre za razmeroma dolgo obdobje. Pri tem se lahko vprašamo: **ali bo potem razvoj poletov od 200 do 300 m tudi trajal 58 let?** Če je tako, bo nov mejnik dolžine poleta 300 m dosežen šele leta 2052, torej čez 27 let. Od novega zgodovinskega rekordnega poleta 300 m pa nas loči le še 46,5 m. To ni tako velika razdalja, ki je v današnjem času ne bi mogli uspešno premagati. Kje pa se ta razvoj lahko ustavi ali oteži in kateri so omejitveni dejavniki tega razvoja? Prvi in najpomembnejši je velikost današnjih letalnic. Po letu 1994 in doseženih 200 m smo rekordni polet – Domna Prevca 254,5 m – čakali 31 let. Morda je cena za doseganje poletov prek 300 m preprosto previsoka in je zaradi tega zaznati strah pred visokimi stroški gradnje letalnice HS 300 m. Skakalnice (Slika 84) so se od zgraditve prve 20-metrške na Holmenkollnu leta 1892 v 118 letih postopno povečevale, vse do sedanjih letalnic HS 240 m v Planici in Vikersundu. Male skakalnice, do velikosti HS 20 m, ne zahtevajo veliko prostora. Dolžina vzdolžnega profila ustreza velikosti nogometnega igrišča. Skakalnice velikosti HS 50 m potrebujejo že dolžino 250 m. Olimpijski skakalnici HS 105 m in HS 140 m se lahko zgradita na terenu, ki sega v dolžino vsaj 400 m.

Slika 84: Vzdolžni profili smučarskih skakalnic različnih velikosti, od HS 15 m do HS 300 m



Relativne razlike pri povečevanju sedanjih letalnic so veliko večje, kot so bile v času povečevanja skakalnic do velikosti HS 140 m. Največje letalnice HS 240 m merijo v vzdolžnem profilu približno 500 m, letalnica HS 300 m pa bi od vrha zaletišča do konca izteka merila približno 600 m. Višinska razlika

med vrhom zaletišča in najnižjo točko izteka bi dosegla 250 m. Takšno višinsko razliko imajo krajše slalomske proge na ravni svetovnega pokala v alpskem smučanju. Temu pa je treba dodati še veliko prostora okoli letalnice. Letalnice HS 300 m bodo zahtevale izjemno veliko prostora ter seveda primerne podnebne in vetrovne razmere.

Ali je polet Rjojuja Kobajašija 291 m pokazal pravo pot, po kateri bi lahko šla Mednarodna smučarska zveza?

Polet japonskega skakalca Rjojuja Kobajašija, dolg 291 m, je postal spletna medijska senzacija. V očeh številnih ljubiteljev poletov na smučeh je bil dosežen tudi nov svetovni rekord. Priprave na ta polet so potekale dokaj skrito pred strokovno javnostjo in očitno tudi brez soglasja osrednje panožne športne organizacije FIS, ki naj bi legitimno skrbela za razvoj najdaljših poletov na smučeh. Ob pomoči finančnega podpornika športa je uspel vrhunski podvig, ki bo ostal za vedno zapisan v zgodovino razvoja najdaljših smučarskih poletov. Nove največje daljave poletov na smučeh se je razveselil tudi japonski skakalni zvezdnik Rjoju Kobajaši, ki je medijsko reklamiral polet 291 m kot nov svetovni rekord (Slika 85).

Slika 85: Rjoju Kobajaši, 291 m



Opomba. Povzeto po <https://www.redbull.com/int-en/ryoyu-kobayashi-ski-jumper-makes-history>.

Mediji, ki se spoznajo na področje priznavanja svetovnih rekordov v skokih, so takoj poudarili, da gre le za neuradni svetovni rekord. Najvišja krovna športna organizacija FIS ne priznava takšnih svetovnih rekordov in zanje nima sprejetih ustreznih meril in kriterijev. Dejstvo je, da se najdaljši poleti dokumentirajo že od vsega začetka razvoja smučarskih skokov. Te bi lahko glede na dotik skakalca s podlago razdelili v dve podkategoriji najdaljših poletov na smučeh. V prvi skupini bi bili poleti, ki so jih skakalci izvedli brez dotika po doskoku, v drugi skupini pa najdaljši poleti s padcem oziroma dotikom po doskoku. Ob taki vsebinski kriterijski delitvi bi lahko vodili dve ločeni evidenci najdaljših poletov. Tako pa se smučarski poleti s padcem oziroma dotikom ob doskoku ali po doskoku povsem zanemarjajo in ne uživajo medijske slave in pozornosti. Najvišja krovna panožna organizacija FIS bi morala vzpostaviti natančno zgodovinsko lestvico najdaljših poletov v obeh kategorijah (doskok brez dotika in doskok z dotikom). S tem bi izkazala spoštovanje letalcem in tudi njihovim rekordnim poletom. Rekordni polet, tudi tisti z dotikom, je velik dosežek tako za letalca kot tudi za športno organizacijo v celoti. Seznam svetovnih rekordov je javno predstavljen v prosto dostopni enciklopediji wikipedia (<https://sl.wikipedia.org/>). V omenjenem gradivu najdemo kratek opis razvoja svetovnih rekordov. Potem so ločeno, v posameznih preglednicah, prikazani: veljavni svetovni rekordi (brez dotika oziroma padca); neveljavni svetovni rekordi (skoki in poleti z dotikom oziroma padcem); neveljavni svetovni rekordi (taki, ki niso doseženi na uradnih tekmovanjih) in najdaljši poleti za ženske. Rekorde v smučarskih skokih težko primerjamo z rekordnimi dosežki v atletiki, plavanju in tistih športih, pri katerih so ti doseženi v dokaj enakih in medsebojno primerljivih razmerah. V smučarskih poletih ima za rekordni polet lahko več zaslug žirija tekmovanja kot pa sam letalec (denimo, ko določi previsoko zaletišče).

Mednarodna smučarska zveza japonskemu letalcu Rjojuju Kobajašiju rekordnega poleta 291 m ne more priznati, ker polet ni bil izveden v okviru uradnih tekmovanj te organizacije. Kakšen namen je imel potem bogati sponzor eksperimenta na Islandiji? Je želel nelegitimno in nelegalno prehiteti pristojno športno organizacijo, čeprav je vedel, da FIS takšnih najdaljših poletov ne priznava? Na spletnem sestanku 17. junija 2024 je predstavnik Red Bulla in projektni vodja Bernhard Rupitsch izbranim članom Mednarodne smučarske zveze in članom znanstvene komisije FIS (WG Science and Ski jumping) v neformalnem pogovoru predstavil nekatere značilnosti izvedbe projekta. Prva ideja za tak eksperiment se je pojavila v Avstriji pred 14 leti. Takrat so prvič predstavili tudi načrt za gradnjo letalnice HS 300 m. V eksperimentu naj bi sodelovala dva odlična avstrijska skakalca, Thomas Morgenstern in Gregor Schlierenzauer. Projektu je takrat nasprotovala avstrijska smučarska zveza. Zaradi njenega nasprotovanja se je projekt po dveh letih končal. Leta 2024 je ponovno oživel. V njem je sodeloval japonski smučarski skakalec Rjoju Kobajaši. Lokacija letalnice HS 300 m je bila izbrana na Islandiji (start zaletišča na 1100 m nadmorske višine, nizka temperatura, 1 km dolg naravni teren, brez gradbenih posegov v teren).

Vzdolžni profil terena improvizirane letalnice HS 300 m naj bi bil povzet po profilu planiške letalnice HS 240 m, ki je domnevno tudi najbolj priljubljena pri japonskem skakalcu. Nadmorska višina letalnice je prav tako podobna tisti pri letalnici v Planici. Profil planiške letalnice je bil najprej izmerjen neposredno na terenu, pozneje je bila primerjava s podatki o profilu objavljena na internetni strani FIS. Planiške letalnice ni bilo mogoče kopirati na zaletišču. Poskusna letalnica je imela bolj blago zaletišče (30 kotnih stopinj) kot planiška, z naklonom zaletišča 35 kotnih stopinj. Zaletna smučina je bila zaradi blage strmine znatno daljša od planiške (izdelana je bila z uporabo posebnih desk). Da bi dosegli zaletno hitrost med 105 in 110 km/h, so naredili 175 m dolgo zaletno smučino (Slika 86).

Slika 86: Zaletišče improvizirane letalnice je bilo precej daljše od zaletišča planiške letalnice



Opomba. Povzeto po <https://www.redbull.com/int-en/ryoyu-kobayashi-ski-jumper-makes-history>.

Zaletna smučina se je drugi dan eksperimenta poslabšala in je ni bilo več mogoče optimalno vzdrževati. Prehodni lok zaletišča je bil domnevno podoben planiškemu. Odskočna miza je bila dolga 8 m in visoka 2 m, njen naklon pa 11 kotnih stopinj. Izmerjena hitrost (izmerjena z lasersko napravo) med eksperimentom se je spreminjala med 105 in 108 km/h. Naklon doskočišča je bil v zgornjem delu med 40 in 41 kotnimi stopinjami. Želeli so imeti naklon planiške letalnice, ki je 35 kotnih stopinj. Naklon doskočišča v drugem delu je vse do razdalje 380 m ostal med 33 in 34 kotnimi stopinjami. Sledil je spodnji prehodni lok z naklonom 28 kotnih stopinj pri točki 400 m. Iztek je imel naklon 10 kotnih stopinj, zadnjih 100 m je bil iztek vodoraven. V začetni fazi so letalnico pripravljali s štirimi teptalniki snega (pistenbully machine). V sklepnem delu je pri pripravi profila letalnice sodelovalo od 60 do 70 ljudi. Prvi dan, 23. aprila 2024, so bili opravljeni štirje poleti in drugi dan trije. Za kontrolo vetra so imeli na voljo tri merilnike hitrosti vetra. Da bi se izognili vplivu vetra, so poskus začeli ob 6. uri. Širina doskočišča je dosegla 60 m (predpisana širina je 40 m). Največja višina leta ni presegla petih metrov.

Profil letalnice se je zdel primeren (Slika 87).

Slika 87: Profil improvizirane letalnice HS 300 m (polet Rjojuja Kobajašija 291 m)



Opomba. Povzeto po <https://www.redbull.com/int-en/ryoyu-kobayashi-ski-jumper-makes-history>.

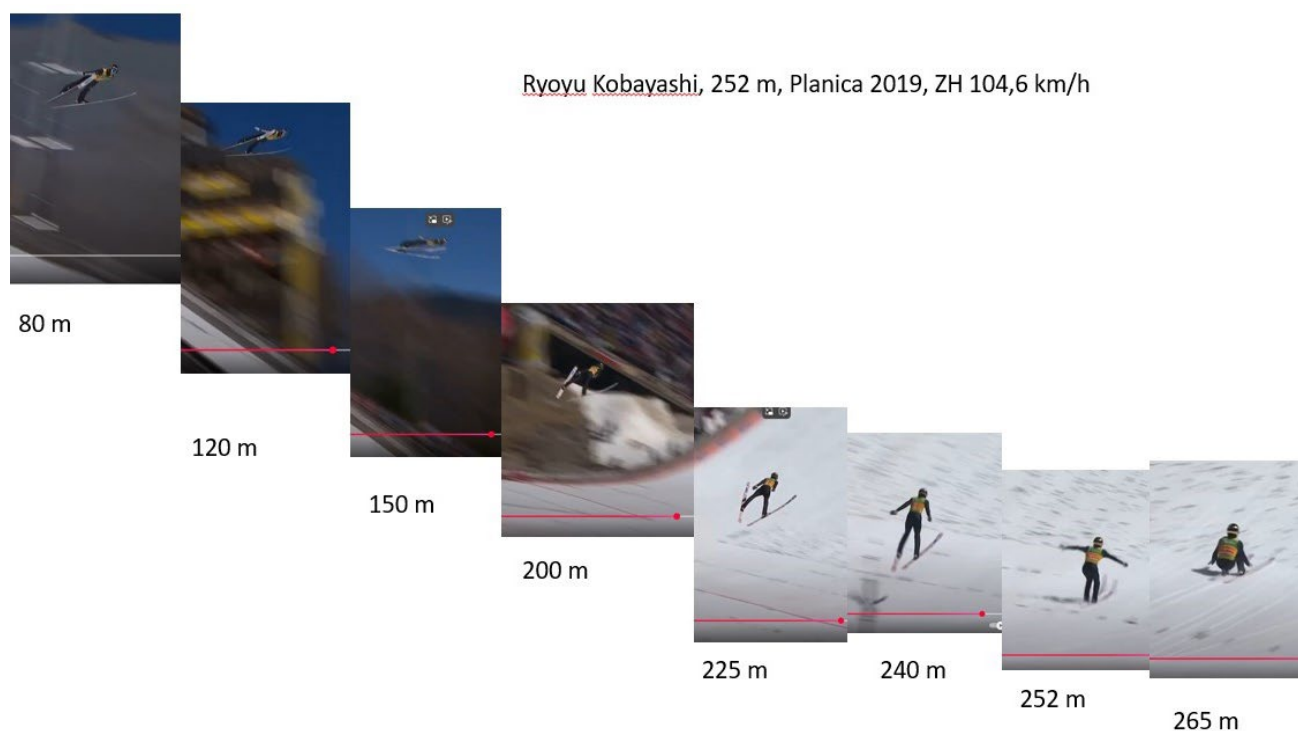
Poleti so bili izvedeni s standardno opremo japonskega skakalca. Ob letalnici ni bila zgrajena predpisana varnostna ograda (postavljena je bila samo mreža). Predstavnik Red Bulla je poslal pomenljivo sporočilo, da je z njihove strani nadaljevanje projekta mogoče. Pod okriljem FIS bo treba najti pot za razvoj najdaljših poletov na smučeh in poiskati pravo lokacijo za gradnjo letalnice.

Profil improvizirane letalnice HS 300 m je odstopal tako od planiške letalnice HS 240 m kot tudi letalnice v Vikersundu HS 240 m. Na teh dveh letalnicah je bilo v zadnjih 30 letih doseženih tudi največ rekordnih poletov. Obe imata možnosti postopnega razvoja rekordnih poletov na smučeh. Današnja tehnika poletov in z njo povezana oprema že dovoljujeta polete prek 300 m (Jošt, Čoh in Vodičar, 2013). V prej opisanem eksperimentu je zmanjkalo le 10 m. Želja po novem rekordnem poletu ostaja in kot magnet privlači množico ljubiteljev smučarskih poletov.

Polet Rjojuja Kobajašija 291 m na improvizirani naravno izdelani letalnici je v praksi potrdil hipotezo, da so poleti prek nove magične meje 300 m mogoči. Rekordni polet bi se lahko izvedel s trenutno tehniko in opremo smučarjev skakalcev. Za polete prek 300 m bi bilo morda pametno izbrati postopen razvoj trenutnih največjih letalnic, med katerimi sta najprimernejši letalnici HS 240 m v Planici in Vikersundu. Prvi korak postopnega razvoja letalnic bi bil povečanje letalnice HS 240 m na velikost HS 260 m. Ta najmanjša povečava bi že zahtevala velik poseg v spodnji del doskočišča in iztek obeh trenutno največjih letalnic v Planici in Vikersundu. Letalnica HS 260 m bi v skladu s trenutnimi pravili Mednarodne smučarske zveze zahtevala vsaj za 18,5 m povečano vertikalno razdaljo med robom odskočne mize in najnižjo točko izteka. Na takšni letalnici bi skakalec Rjoju Kobajaši brez težav povečal rekordno dolžino poletov 254,5 m. Japonski letalec je na planiški letalnici HS 240m 24. marca 2019 poletel 252 m (Slika 86). Zaletna hitrost 104,6 km/h je bila v dopoldanskem času in vetru v prsi (0,75 m/s) kar velika. Pri 80 m leta je imel višino leta približno 8 m, pri 120 m pa 10 m (pri 150 m – 12 m,

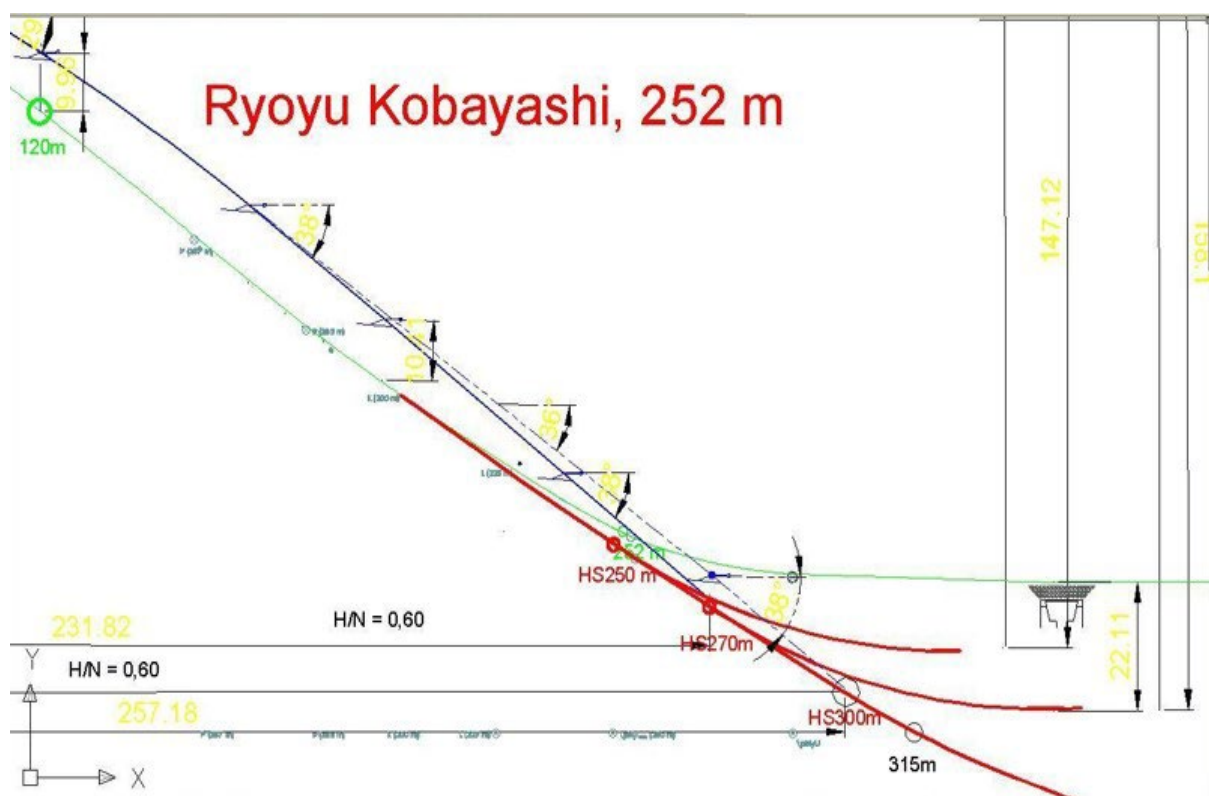
pri 200 m – 9 m, pri 240 m – 2,5 m). Svoj polet 252 m je moral s prezgodnjim začetkom pristajalne faze predčasno končati. Pri doskoku je japonski letalec z globokim počepom izvedel varen pristanek.

Slika 88: Polet Rjojuja Kobajašija 252 m, Planica 2019, zaletna hitrost 104,6 km/h



Na enostavno povečani letalnici HS 300 m bi japonski skakalec brez večjih težav poletel na točko velikosti letalnice 300 m (Slika 89).

Slika 89: Na enostavno povečani letalnici HS 300 m bi Rjoju Kobajaši lahko varno poletel 300 m



V osrednjem delu leta, pri domnevni krivulji leta 36 kotnih stopinj, bi Rjoju Kobajaši na povečani letalnici HS 300 m lahko vztrajal do točke leta 270 m. Pristajalno fazo poleta bi izvedel pri vpadnem kotu doskoka 38 kotnih stopinj. Verjetno bi mu uspelo poleteti 300 m, če bi imel tako ugodno planiško termiko, kot jo je imel leta 2018 Gregor Schlierenzauer pri poletu, dolgem 253,5 m. Med poletom mu je v prsi pihal veter 1,87 m/s. Pri tako ugodnem vplivu vetra se polet na letalnici podaljša za 20 do 30 m. Natančnega vpliva vetra zaradi nepoznavanja konkretnih okoliščin poleta ni mogoče določiti. Pri vrednostih hitrosti vetra nad 1,5 m/s, še zlasti v tangencialni smeri krivulje leta, je lahko pri posameznih letalcih dolžina poleta še večja (Jošt, 2023).

Povečanje letalnic je odvisno od pravil Mednarodne smučarske zveze

Mednarodna smučarska zveza deluje po pravilih, objavljenih na spletni strani www.fis-ski.com. Posebna pravila, sprejeta leta 2024, veljajo za smučarske skoke in polete. Sestavni vsebinski del teh pravil je tudi področje homologiranja smučarskih skakalnic in letalnic. Smučarske letalnice so določene z minimalno velikostjo letalnice HS 200 m. Za letalnice veljajo poleg splošnih tudi nekatera posebna pravila. Vsak poseg na letalnicah mora odobriti FIS.

Pri načrtovanju in gradnji letalnic morajo biti izpolnjene tudi te posebne omejitve in zahteve FIS:

- razmerje H/N mora biti najmanj 0,60;
- največja vrednost zaletne hitrosti V_0 je 30 m/s;
- višinska razlika med robom odskočišča in koncem spodnjega loka letalnice (Z_U) mora biti do 135 m;
- širina doskočišča pri točki K (bk) mora biti 0,18 w ali več;
- širina na koncu polmera R2 mora biti 0,20 w ali več;
- na obeh straneh doskočišča letalnice se mora natančno označiti višina snežnega profila točke K, razdalja HS in točka U.

Drugi elementi geometrijskih razsežnosti profila letalnice so lahko bolj variabilni in jih lahko načrtovalci letalnice prosto oblikujejo, seveda ob soglasju ustreznega organa Mednarodne smučarske zveze.

Letalnici HS 240 m v Planici in Vikersundu se lahko glede na omenjena splošna pravila FIS povečata brez spreminjanja teh pravil.

Geometrijske značilnosti profila doskočišča letalnice se morajo čim bolj prilagoditi značilnostim krivulje leta. Te se lahko kažejo različno v vsakem obdobju razvoja tehnike poletov na smučeh in opreme letalcev. Če je vzdolžni profil skakalnice varen in sodoben ter sledi razvojnim trendom tehnike smučarskega skoka, ga imajo skakalci v lepem spominu.

Naloga vzdolžnega profila letalnice je zagotoviti varne polete tako za najslabše kot tudi najboljše letalce. Problem varnega poleta se najbolj pokaže pri ekstremnih situacijah na letalnici: zelo dolg polet; ekstremno kratek polet; vpliv vetrovnih razmer, še zlasti turbulentnih zračnih tokov; vpliv sneženja, dežja; značilnosti snežne podlage na doskočišču (trdota snega, vrhnja struktura snežne podlage, drsnost snežne podlage); tehnične težave skakalca med letom.

Več kot desetletno proučevanje izbranih dolgih poletov na planiški letalnici je pokazalo, da sta današnji letalnici v Vikersundu in Planici dobra temelja za nadaljnji razvoj poletov, vse do magične meje 300 m. Zaletišče, odzivna miza in prvi del doskočišča do začetka pristajalne točke na doskočišču (P-točka) povsem ustrezajo načrtovanju in gradnji večjih letalnic, vključno z letalnico HS 300 m. Bistvene spremembe bi se morale zgoditi na doskočišču povečane letalnice in spodnjem prehodnem loku. Te spremembe zahtevajo tudi nekoliko spremenjena pravila glede načrtovanja vzdolžnega profila doskočišča letalnice. Mednarodna smučarska zveza bi morala spremeniti ali dopolniti vsaj tri pomembne sestavine pravil: določitev točke velikosti skakalnice (HS); določanje razmerja H/N skakalnice ter določanje oblike in velikosti vzdolžnega loka doskočišča.

Sprememba pravila FIS glede določitve točke velikosti skakalnice in letalnice (L)

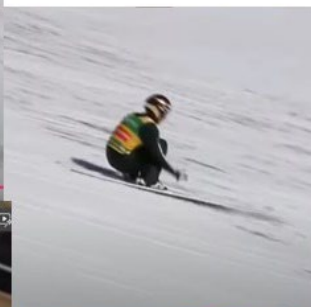
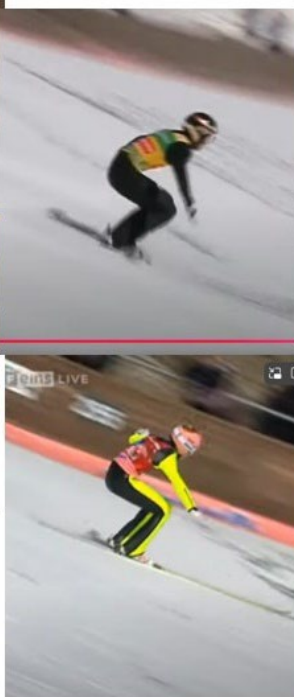
S točko velikosti letalnice (L) se določa njena osnovna velikost (HS). Zdajšnja pravila določajo velikost letalnice (HS) z mestom dotika letalca s podlago pri doskoku. **Ta točka kaže pomemben mehanski kriterij uspešnosti letalca, to je dolžino njegovega poleta. Letalec pa mora pri doskoku opraviti še doskok v telemark, ta odraža estetsko komponento njegove uspešnosti.** Praviloma doskok v telemark traja od 0,3 do 0,5 sekunde, z vožnjo v telemarku pa ta faza traja tudi sekundo ali več. Pravila FIS bi morala zagotoviti čim bolj enakovredne možnosti za uspešno izvedbo doskoka v telemark vsem letalcem, slabšim, povprečnim in najboljšim. Žal se prav najboljši letalci, ki doskočijo v bližino točke velikosti skakalnice ali celo čez to točko, znajdejo v zelo težkih gibalnih situacijah, pri katerih izvedba telemarka sploh ni mogoča. Na Sliki 90 sta prikazana rekordna poleta dveh odličnih letalcev, Stefana Krafta (251 m) in Rjojuja Kobajašija (252 m), na letalnici v Planici. Oba sta doskočila na enak način, brez telemarka. Sodniki so ju za takšen doskok kaznovali, ker jih v skladu s pravili tako učijo pri Mednarodni smučarski zvezi. Če sodniki ne bi ravnali tako, bi bili kaznovani. Tisti, ki so dovolili tako dolge ekstremne polete, pa za to niso odgovorni in še manj kaznovani. V očeh športne javnosti so celo junaki. Takih primerov na skakalnicah in letalnicah je hitro preveč. Vsi poleti prek 250 m so na obeh največjih letalnicah, v Planici in Vikersundu, potekali s tehniko doskoka v globok počep. Tekmovalci niso imeli možnosti za varno izvedbo doskoka v telemark. To pa očitno ne zmoti vodilnih in pristojnih pri FIS, da bi to anomalijo modernih smučarskih skokov in poletov, ki traja že več kot dvajset let, s primernim povečanjem sedanjih letalnic odpravili.

Slika 90: Potek doskoka odličnih letalcev Stefana Krafta in Rjojuja Kobajašija pri dveh rekordnih poletih v Planici

Začetek doskoka



Konec doskoka



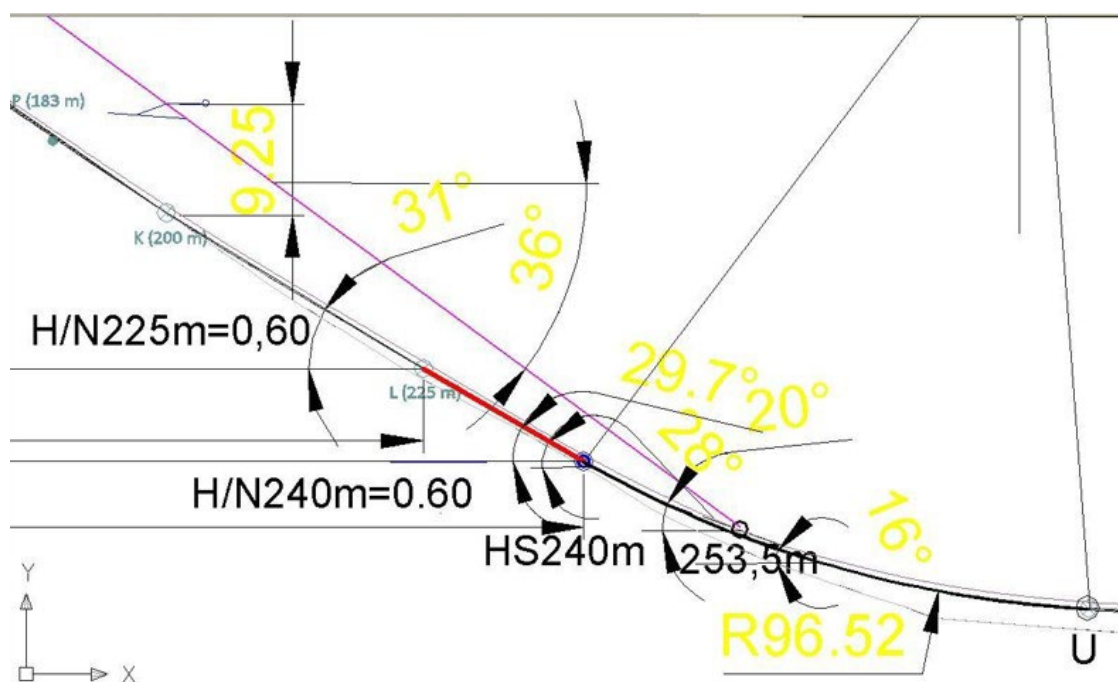
R.K 252 m,
Planica 2019



S.K 251 m
Planica 2017

Pri ekstremno dolgem poletu čez točko velikosti letalnice je doskok v telemark za letalca zelo nevaren. Smučar letalec lahko pade in se hudo poškoduje. FIS bi morala določiti novo pravilo, pri katerem bi sedanja točka velikosti skakalnice (HS) predstavljala konec faze doskoka v telemark. Na sedanji letalnici HS 240 m bi morala biti začetna točka doskoka pri točki 95 odstotkov HS, to je pri realni velikosti letalnice HS 225 m (Slika 91).

Slika 91: Realna velikost sedanje planiške letalnice HS 240 m je le HS 225 m



Naklon doskočišča v točki HS 225 m je 31 kotnih stopinj. Ta naklon se do točke HS 240 m zmanjša na 29,7 kotne stopinje. Za točko sedanje velikosti planiške letalnice HS 240 m se strmina prehodnega loka letalnice hitro zmanjša na 28 kotnih stopinj. Hkrati se po točki HS 240 m začne spodnji prehodni lok s polmerom 96,5 m. Točka L 225 m predstavlja približno 94 odstotkov velikosti letalnice HS 240 m. Z vidika zagotavljanja varnega doskoka v telemark je razdalja 15 m med obema točkama ustrezna. Če se doskok v telemark začne šele v točki 240 m, je lahko za skakalca že nevaren. Pri začetku doskoka pri 254,5 m je izvedba telemarka praktično nemogoča in je lahko za vsakega skakalca že prenevarna.

Mednarodna smučarska zveza v svojih pravilih (FIS rules, 2024) jasno določa, da je točka L tudi točka velikosti skakalnice in točka konca doskočišča. Tej točki sledi zgolj spodnji prehodni lok letalnice. Pravila FIS pa ne določajo točke začetka doskoka, ki naj bi skakalcu omogočila varno izvedbo telemarka. Ta točka bi se lahko določila pri 95 odstotkih velikosti skakalnice. Mednarodna smučarska zveza bi morala določiti minimalni naklon doskočišča v točki 95 odstotkov velikosti skakalnice (HS). Ta naklon je odvisen od več dejavnikov: hitrost pri doskoku; vpadni kot pri doskoku; velikost spodnjega prehodnega loka; vetrovne razmere; kakovost snežne podlage na doskočišču. Če bi pri povprečnem skakalcu ob doskoku upoštevali vpadni kot 40 kotnih stopinj, bi bil ta kot lahko v točki velikosti skakalnice 95 odstotkov določen z minimalno vrednostjo naklona doskočišča 30 kotnih stopinj. Ta naklon bi se lahko do točke velikosti skakalnice HS oziroma L pomanjšal za največ dve kotni stopinji, do minimalnega naklona 28 kotnih stopinj na letalnici. Takšna postavitev dolžine

območja še varnega doskoka (med točkama 95 odstotkov HS in HS) bi ustrezala sedanji planiški letalnici in tudi letalnici v Vikersundu. V tem območju bi pri normalnih razmerah ustreznega vpadnega kota pri doskoku in drugih dejavnikih (vpliv vetra) lahko vsi skakalci doskočili v telemark.

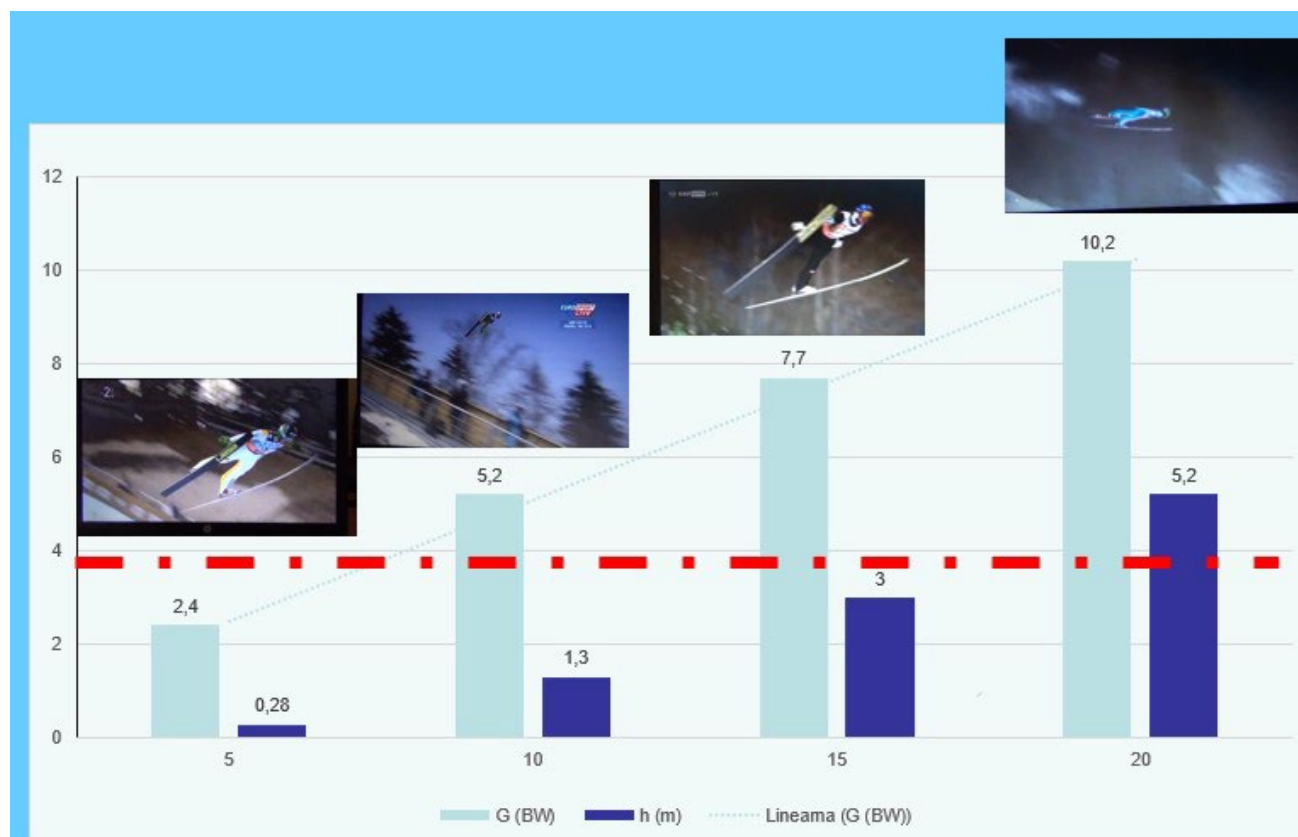
Določitev še varnega območja doskoka v telemark bi lahko precej pomagala vodstvom tekmovanj. To pravilo bi moralo vsakokratno vodstvo tekmovanja upoštevati na vsakem tekmovanju. Novo pravilo bi bilo do neke meje neprijazno do gledalcev ob skakalnicah in letalnicah ter tudi tistih pred televizijskimi sprejemniki, ki vedno znova pričakujejo rekordne skoke in polete. Ta pričakovanja pa ne bi smela ogroziti skakalčeve varnosti pri njegovem doskoku v telemark. Pri ekstremno dolgih skokih in poletih (čez točko velikosti skakalnice HS) se pomembno poveča verjetnost poškodb skakalcev pri doskoku, še zlasti smučark skakalk, ki pristajajo pri nekoliko višjem vpadnem kotu. Svetovni prvak Simon Ammann je imel pri najdaljšem planiškem poletu 236 m leta 2010 vpadni kot pri doskoku 10 kotnih stopinj (Slika 92). Sila pritiska na podlago je bila pri doskoku tako velika, da ni mogel doskočiti v telemark, njegov doskok se je, tako kot pri vseh drugih ekstremno dolgih poletih, končal v globokem počepu.

Slika 92: Doskok Simona Ammanna pri poletu 236 m v Planici leta 2010 (kinogram je izdelal Stanko Štuhec)



Z naraščanjem vpadnega kota pri doskoku (Vkd) se povečuje sila pritiska na podlago (Slika 93).

Slika 93: S povečevanjem vpadnega kota (Vkd) pri doskoku se povečuje tudi sila pritiska pri doskoku



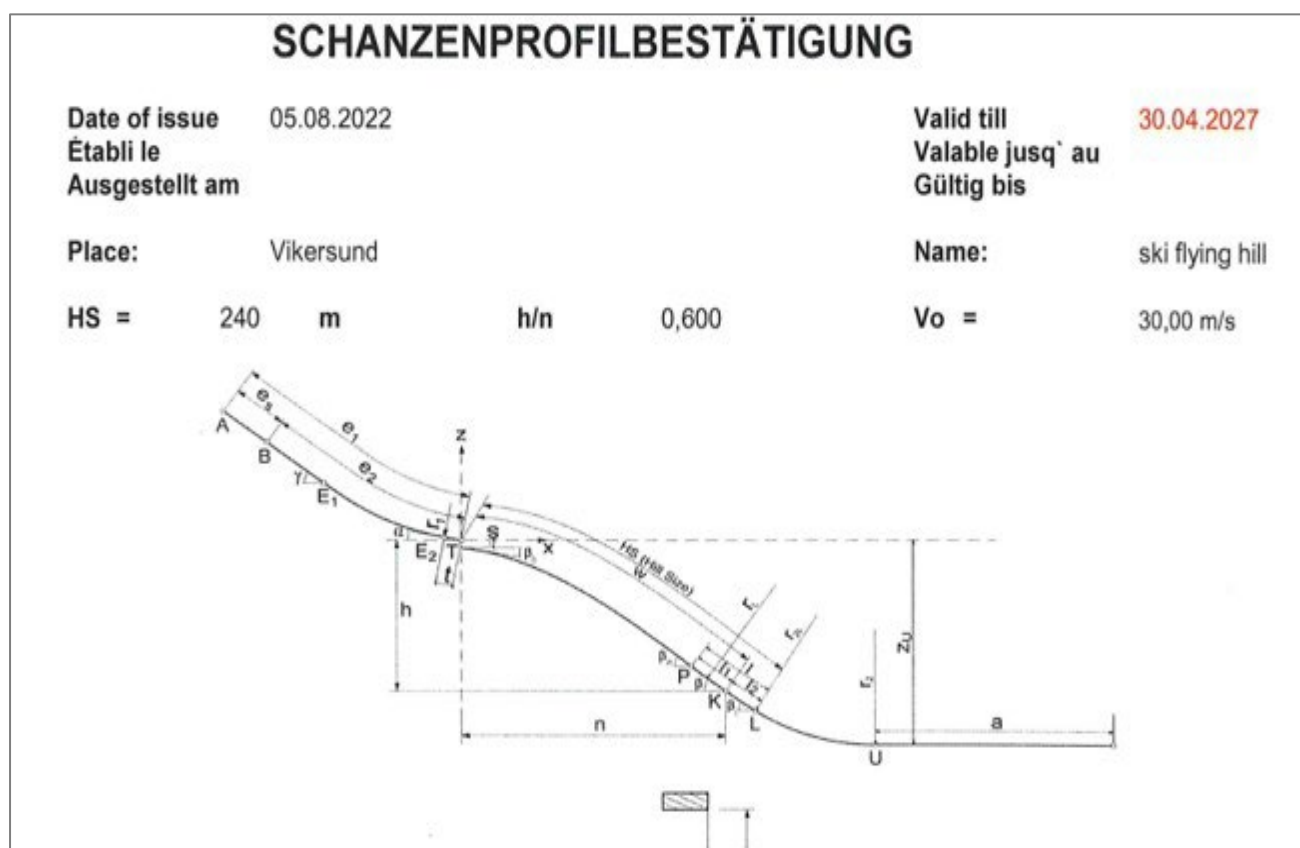
Pri doskoku na skakalca učinkuje kompleksno dinamično okolje delujočih fizikalnih sil. Sila pritiska na skakalčevo telo je odvisna od hitrosti njegovega leta tik pred doskokom, teže skakalca in opreme, vpadnega kota pristanka skakalca pri doskoku, strmine doskočišča, velikosti spodnjega prehodnega loka, načina doskoka skakalca in velikosti sile trenja pri doskoku. Sila pritiska na telo pri vpadnem kotu 5 kotnih stopinj je razmeroma majhna (približno 2,8-kratnik telesne teže). Pri vpadnem kotu 10 kotnih stopinj se lahko poveča že na 5-kratnik telesne teže, pri vpadnem kotu 15 kotnih stopinj pa lahko doseže 7-kratnik telesne teže. Meja varnega doskoka je na skakalnicah lahko postavljena pri vpadnem kotu 10 kotnih stopinj, na letalnici pa je varna meja vpadnega kota pri doskoku lahko dosežena že pri osmih kotnih stopinjah. To pomeni, da bi morala biti strmina naklona doskočišča v tej točki vsaj 30 kotnih stopinj.

Posamezni primeri skakalcev in skakalk, ki so dosegli ekstremno dolge skoke in polete prek točke velikosti skakalnice in letalnice, kažejo velike težave pri doskoku. Ocene za doskok se v tem delu doskočišča oziroma prehodnega loka na splošno znižujejo. Žal so žrtve predolgih skokov in poletov prav najboljši skakalci. Novo pravilo bi se moralo predvsem z vidika varnosti skakalcev in skakalk čim prej sprejeti na ravni Mednarodne smučarske zveze.

Sprememba pravila FIS glede določanja razmerja H/N doskočišča skakalnice in letalnice

Pri načrtovanju doskočišča letalnice se vedno pojavlja dilema pri določanju razmerja H/N skakalnice oziroma letalnice. Točka določitve razmerja H/N se praviloma nanaša na kalkulacijsko točko skakalnice (K), ne pa na točko njene velikosti HS. Na sedanjih največjih letalnicah je točka K določena pri 200 m (Slika 94). To je kar 40 m pred točko velikosti letalnice HS 240 m.

Slika 94: Razmerje H/N se določi glede na točko K 200 m, ki je kar 40 m pred točko velikosti letalnice HS 240 m

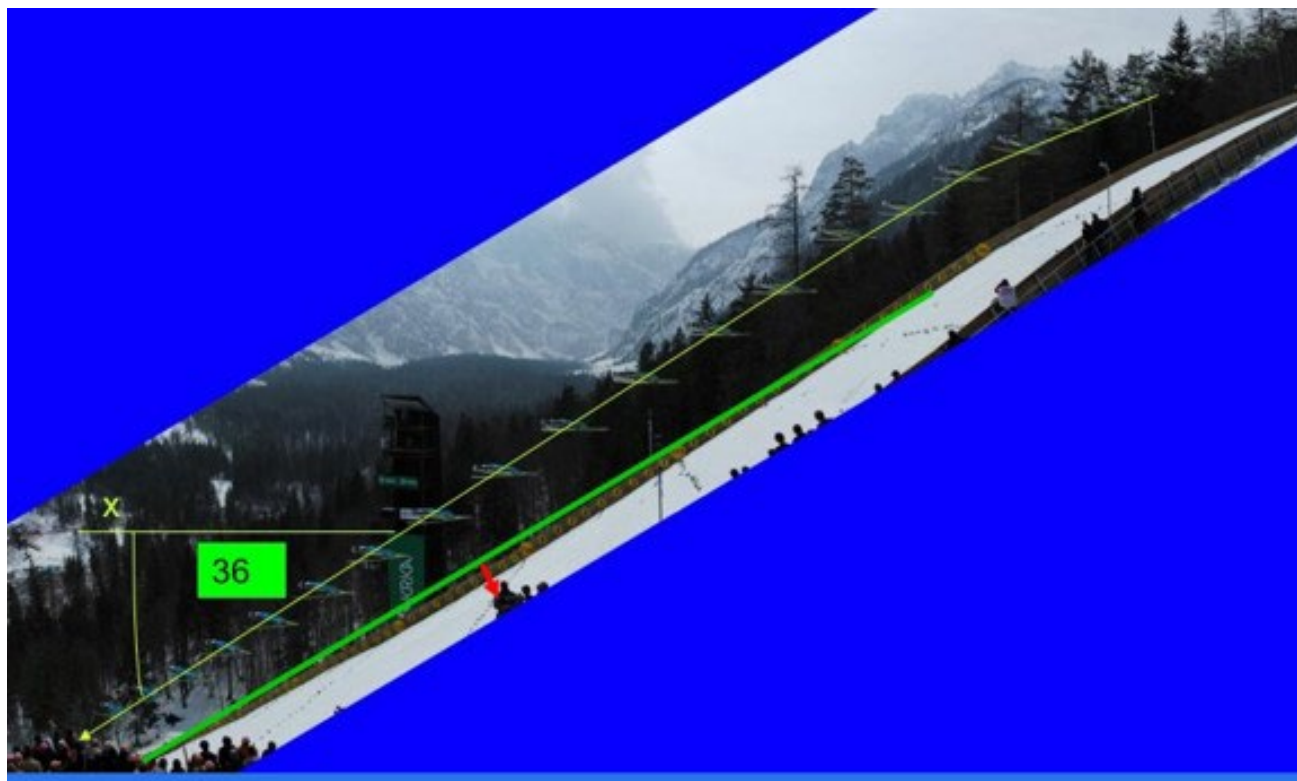


Omenjena točka K se uporablja le za administrativni matematični izračun točk, ki jih za doseženo dolžino skoka dobi posamezni skakalec. Včasih je bila točka K tudi točka velikosti skakalnice L. S povečevanjem skakalnic se je točka K ohranila, čeprav je pri tem izgubila svoj vsebinski pomen. Izračun točk za dolžino skokov bi bil precej bolj primerljiv, če bi se pri tem uporabila točka velikosti skakalnice (L). Večina športne javnosti ne ve, koliko dolžina skoka prispeva h končnemu seštevku točk, ker je položaj točke K na vsaki skakalnici drugačen. Ponovna izenačitev vrednosti točk K in L bi z vidika primerljivosti tekmovalne uspešnosti skakalcev in skakalk lahko veliko prispevala k uvidu v resnično vrednost tekmovalnih dosežkov ne glede na različnost skakalnic in letalnic.

Sprememba pravila FIS glede določanja oblike in velikosti vzdolžnega loka doskočišča skakalnice in letalnice

Pri povečevanju skakalnic in letalnic v preteklosti se je praviloma oblikoval vzdolžni lok doskočišča med točko začetka pristajalnega dela doskočišča P in točko velikosti skakalnice HS. To je bilo značilno predvsem za največje skakalnice in letalnice. Vzdolžni lok dviguje krivuljo leta v osrednjem delu leta, še najbolj v delu točke K. Na letalnicah se krivulja leta lahko precej poveča (Slika 95).

Slika 95: Vzdolžni lok doskočišča lahko krivuljo leta dvigne za nekaj metrov



Zviševanje krivulje leta je pri sodobni, vse bolj aerodinamični tehniki leta povsem odveč. Vzdolžni lok doskočišča na letalnici pomaga slabšim in povprečnim letalcem, da za kakšen meter podaljšajo svoj polet. Morda tudi najboljši smučarji letalci bolj uživajo v višjem letu nad hrbtiščem letalnice. Na drugi strani pa se zaradi različnega naklona doskočišča spreminjajo pogoji enakovrednega vrednotenja dolžine poletov. Vzdolžni lok je pri gradnji skakalnice in letalnice velika težava. Mednarodna smučarska zveza bi lahko v prihodnje dopustila tudi razvoj doskočišča skakalnic in letalnic brez vzdolžnega loka.

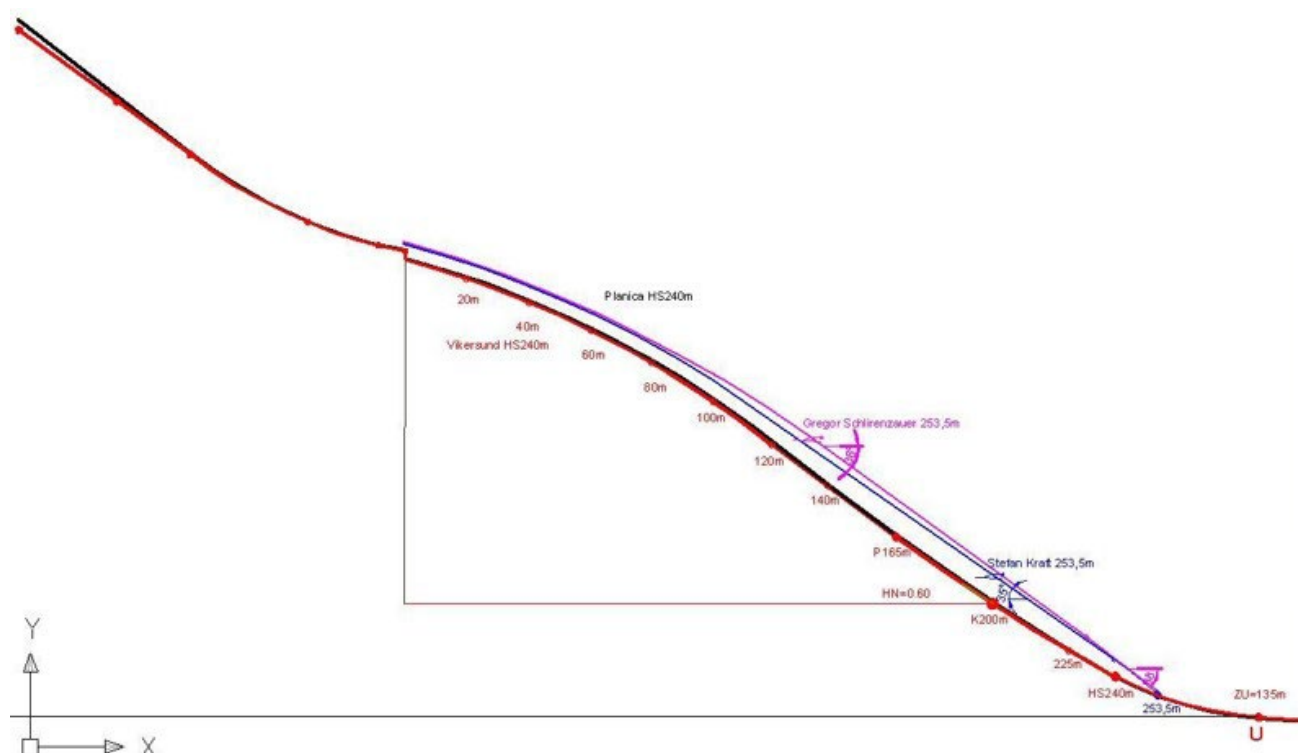
Povečanje letalnic do velikosti HS 300 m je lahko enkratno ali postopno

Današnje največje letalnice HS 240 m ne zagotavljajo več varnega povečanja rekordne daljave 254,5 m. Za varno povečanje tega rekorda bo treba zgraditi večje letalnice. Mogoče je postopno povečanje vzdolžnih profilov letalnic. Razvoj povečanega vzdolžnega profila letalnice bi moral upoštevati več vidikov oziroma načel:

- načelo varnega poleta prek 254,5 m;
- načelo varne letalnice za vse skakalce, tudi tiste najslabše v hipotetično najtežjih razmerah;
- načelo atraktivnosti poletov za gledalce ob letalnici in pred televizijskimi zasloni.

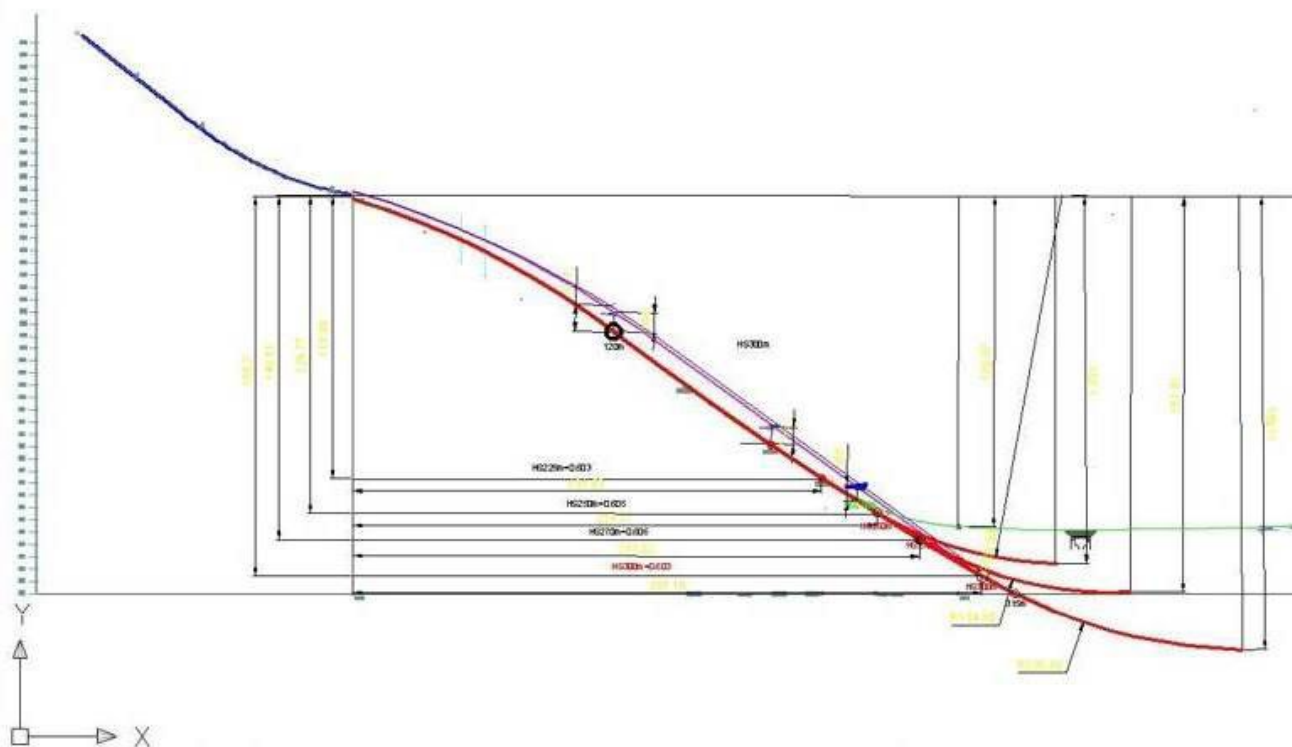
Sedanje geometrijske značilnosti letalnic HS 240 m v Vikersundu in Planici bi se lahko ohranile pri vseh povečanih letalnicah do velikosti HS 300 m (oblika in velikost zaletišča, odskočna miza in prvi del doskočišča do točke P 120 m). Obe največji letalnici imata podoben vzdolžni profil, še najbolj se razlikujeta pri naklonu ravnega dela zaletišča (Slika 96).

Slika 96: Vse postopno povečane letalnice, vključno z letalnico HS 300 m, lahko ohranijo zaletišče letalnice HS 240 m, odskočno mizo in prvi del doskočišča do točke P 120 m (na sliki sta vzdolžna profila obeh letalnic HS 240 m v Vikersundu in Planici)



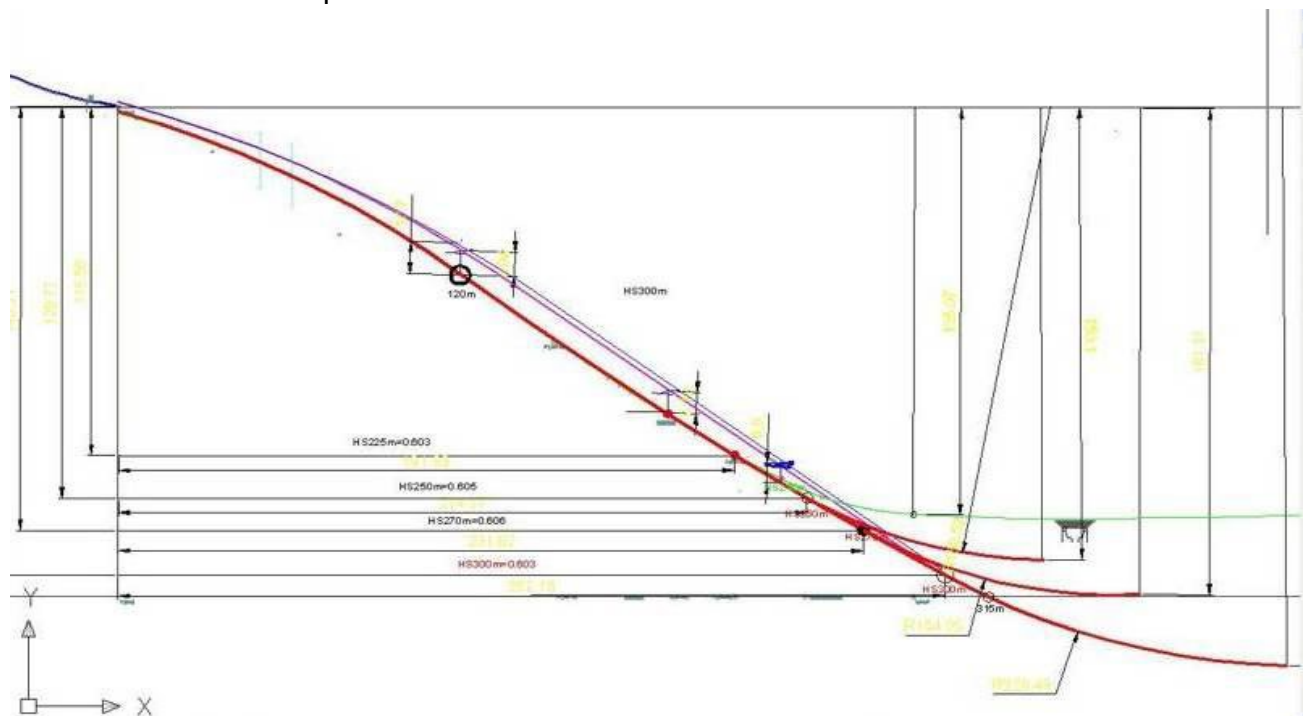
Za vse vzdolžne profile povečanih letalnic, vključno z letalnico velikosti HS 300 m, se glede na sedanjo tehniko leta in opremo skakalcev lahko ohranijo enake vrednosti razmerja H/N v predelu točke velikosti letalnice L (Slika 97).

Slika 97: Vrednosti razmerja H/N se lahko pri postopno povečanih letalnicah v točki HS ohranjajo na isti velikosti



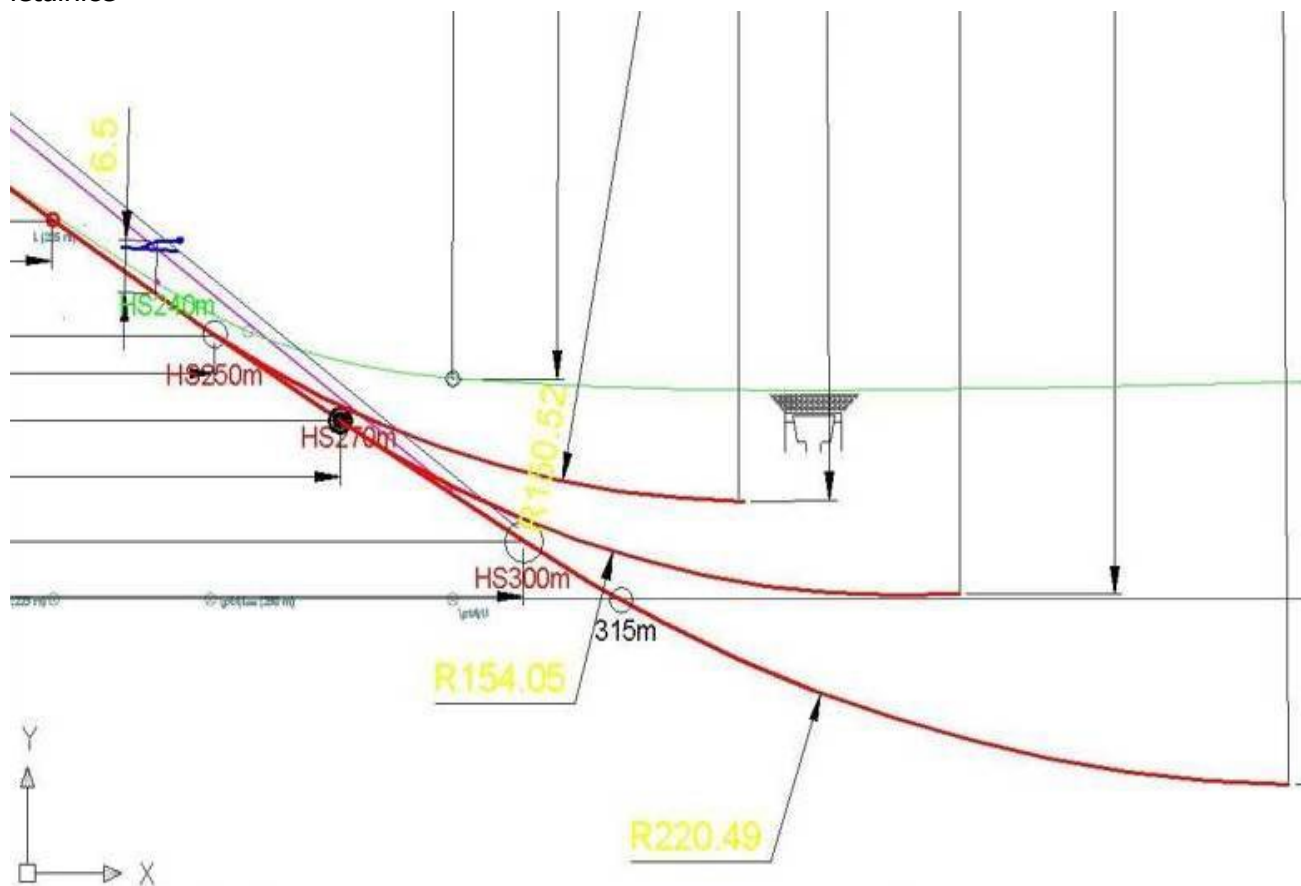
Na doskočišču povečanih letalnic se lahko ohrani tudi vzdolžni lok med točkama P in L (Slika 98).

Slika 98: Na doskočišču povečanih letalnic se lahko ohrani vzdolžni lok med točkama P in L



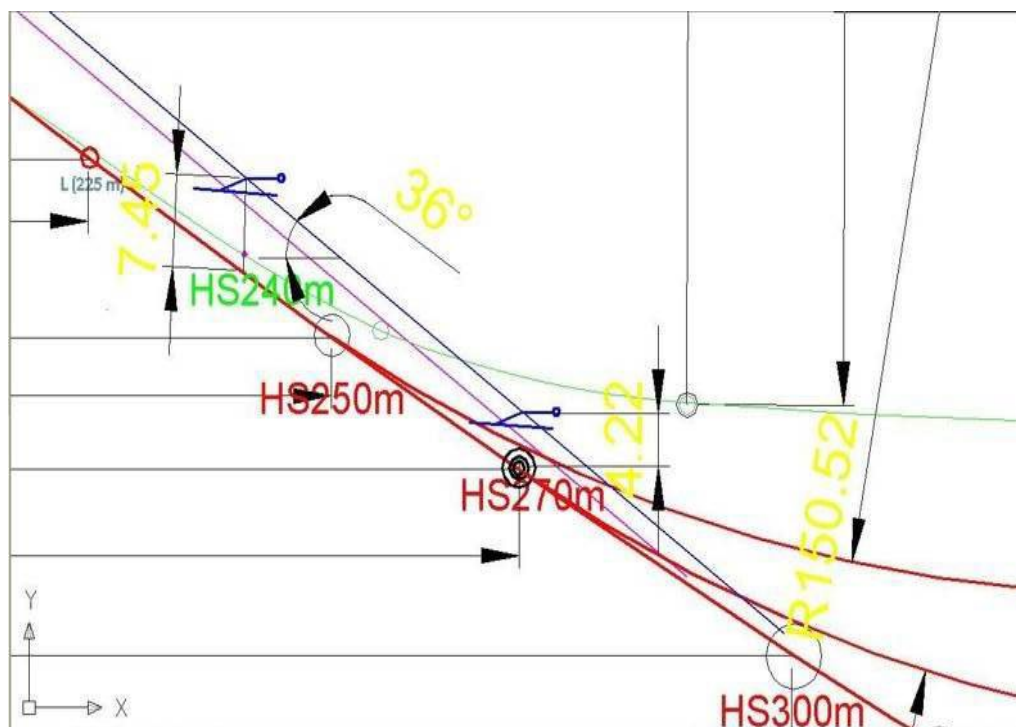
Bistvene spremembe bi se zgodile v spodnjem delu doskočišča in prehodnem loku povečanih letalnic. To bi zahtevalo povečanje vertikalne razdalje (Z_U) med robom odskočne mize in najnižjo točko letalnice U (Slika 99).

Slika 99: Povečanje letalnice bo zahtevalo precej večjo razdaljo Z_U in spodnjega prehodnega loka letalnice



Krivulja leta se bo glede na velikost povečave letalnice v povprečju nekoliko dvignila. Na letalnici HS 300 m bi se za rekordni polet 300 m pri najboljših letalcih lahko krivulja leta dvignila (Slika 100) za približno dva metra (ob predpostavki kota letenja 36 kotnih stopinj in minimalne vzgonske termike na letalnici). Pri odličnih razmerah vzgonske termike bi se lahko polet 300 m zgodil tudi pri razmeroma nizki višini leta, kot je bila pri poletu Gregorja Schlierenzauerja 253,5 m v Planici leta 2018 in Domna Prevca pri rekordnem poletu 254,5 m leta 2025.

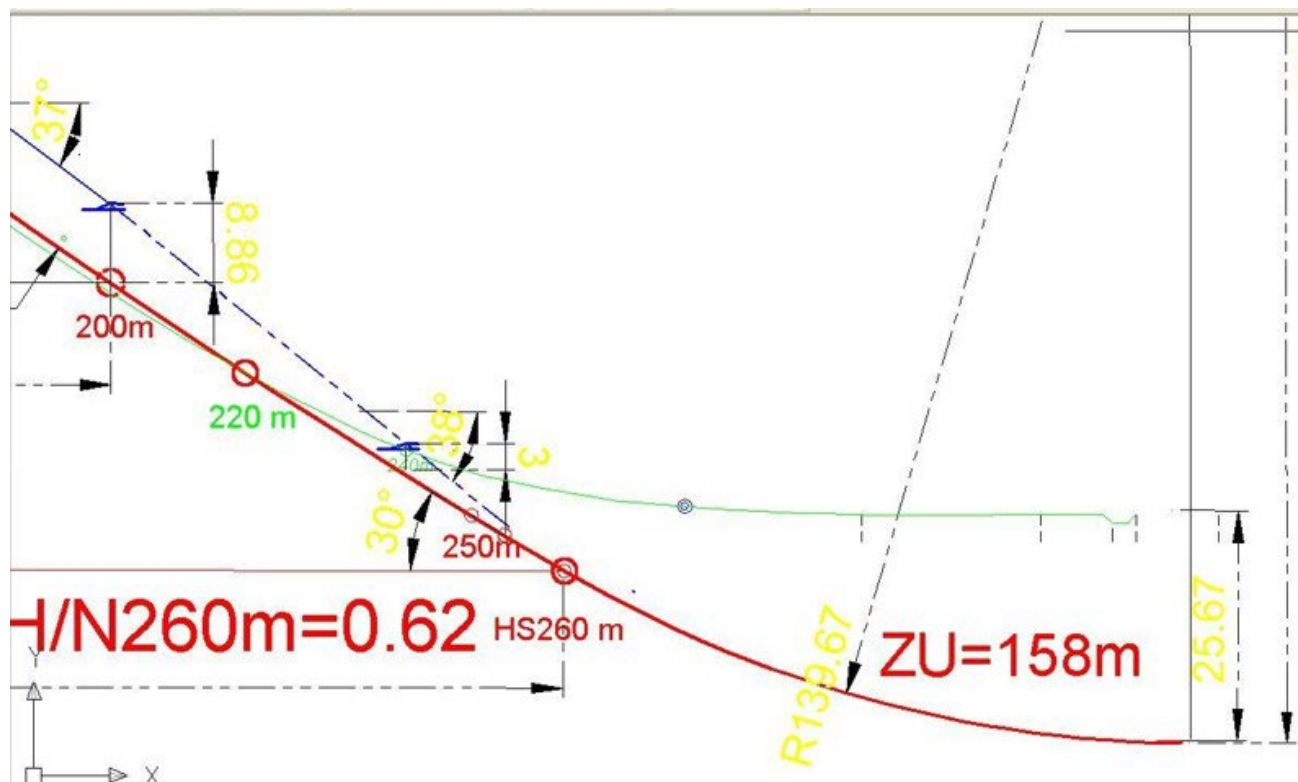
Slika 100: Krivulja leta bi se lahko pri rekordnem poletu 300 m dvignila za približno dva metra



Vsako povečanje letalnic bo povezano z velikimi gradbenimi stroški. Morda bi se bilo smiselno lotiti enkratnega povečanja letalnice na velikost HS 300 m. Takšna letalnica bo precej večja od današnje največje letalnice HS 240 m. Na zaletišču, odskočni mizi in prvem ločnem delu doskočišča ne bi bilo večjih sprememb. Bistvena sprememba bi nastala pri velikosti vertikalne razdalje (Z_U) med robom odskočne mize in najnižjo točko izteka. Ta bi se s sedanjih 135 m povečala na približno 185 m. Razlika bi bila kar 50 m. Letalnica HS 300 m bi bila tudi precej širša na doskočišču in v izteku. Celotna dolžina povečane letalnice bi se tako povečala za približno 100 m in bi znašala okoli 600 m. Modeli možnega vzdolžnega profila letalnice HS 300 m v monografiji so bili preverjeni z uporabo simulacije konkretno izvedenih odličnih poletov izbranih vrhunskih skakalcev.

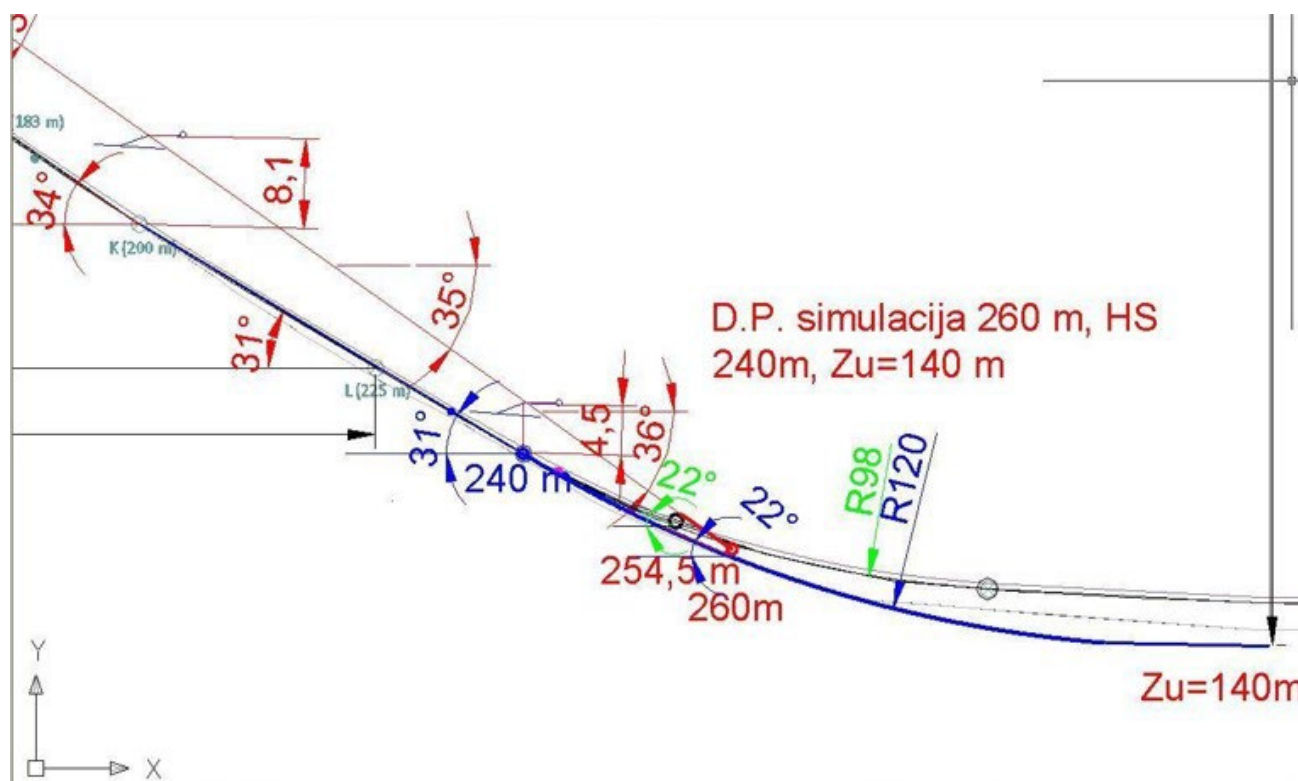
Poleti na letalnici HS 300 m bi bili tehnično podobni današnjim poletom. Če bodo vzdolžni profili letalnice HS 300 m ustrezno zaščiteni pred vetrom, bodo na teh letalnicah poleg odličnih letalcev lahko nastopili tudi povprečni letalci. Mednarodna smučarska zveza bi se morala jasno opredeliti glede postopnosti razvoja letalnic. Pri tem bi morala najprej spoštovati lastna pravila glede načrtovanja vzdolžnih profilov letalnic. Njen pasivni odnos do tega področja ni dober za razvoj poletov na smučeh in smučarskih skokov v celoti. To je bilo tudi ključno sporočilo, ki ga je vodstvu Mednarodne smučarske zveze v smučarskih skokih namenil predstavnik ekipe Red Bulla, ki je leta 2024 izvedla eksperiment, pri katerem je Rjoju Kobajaši poletel 291 m. Poleti na smučeh, še zlasti rekordni, so zelo zanimivi za gledalce ob letalnicah in pred televizijskimi zasloni. To dejstvo so očitno prepoznali tudi nekateri bogati sponzorji športa, ki pa s samostojnimi in enkratno izvedenimi eksperimenti verjetno ne bodo koristili dolgoročnemu razvoju poletov v okviru Mednarodne smučarske zveze.

Slika 102: Simulacija poleta Simona Ammanna 233 m na povečani letalnici HS 260 m



Izvedba letalnice HS 260 m z možnostjo najdaljšega poleta 260 m bi zahtevala od Mednarodne smučarske zveze spremembo izbranih ključnih geometrijskih razsežnosti letalnice. Pri tem bi se morala glede na sedanje letalnice HS 240m razdalja Z_U povečati na 158 m. To pomeni, da bi moral FIS dovoliti povečanje te razdalje za 23 m. Nekateri »strokovnjaki« razmišljajo, da bi bilo trenutni rekord Domna Prevca 254,5 m mogoče preseči že pri manjšem povečanju te razdalje, le za 5 m. Tako minimalno povečanje bi boljšim letalcem le ublažilo polete do 240 m, nikakor pa ne bi omogočilo varnega letenja prek sedanje rekordne dolžine 254,5 m. To bi bila le trenutna rešitev, ki bi mogoče dopustila povečanje rekordne daljave samo izjemnim letalcem do dolžine poleta 260 m. Če bi planiško letalnico poglobili za 5 m, na razdaljo $Z_U = 140$ m, bi Domen Prevc z rekordnim poletom 254,5 m lahko poletel 260 m (Slika 103).

Slika 103: Pri vertikalni poglobitvi sedanje planiške letalnice HS 240 m za 5 m ($Z_u = 140$ m) bi Domen Prevc z rekordnim poletom 254,5 m lahko poletel približno 260 m

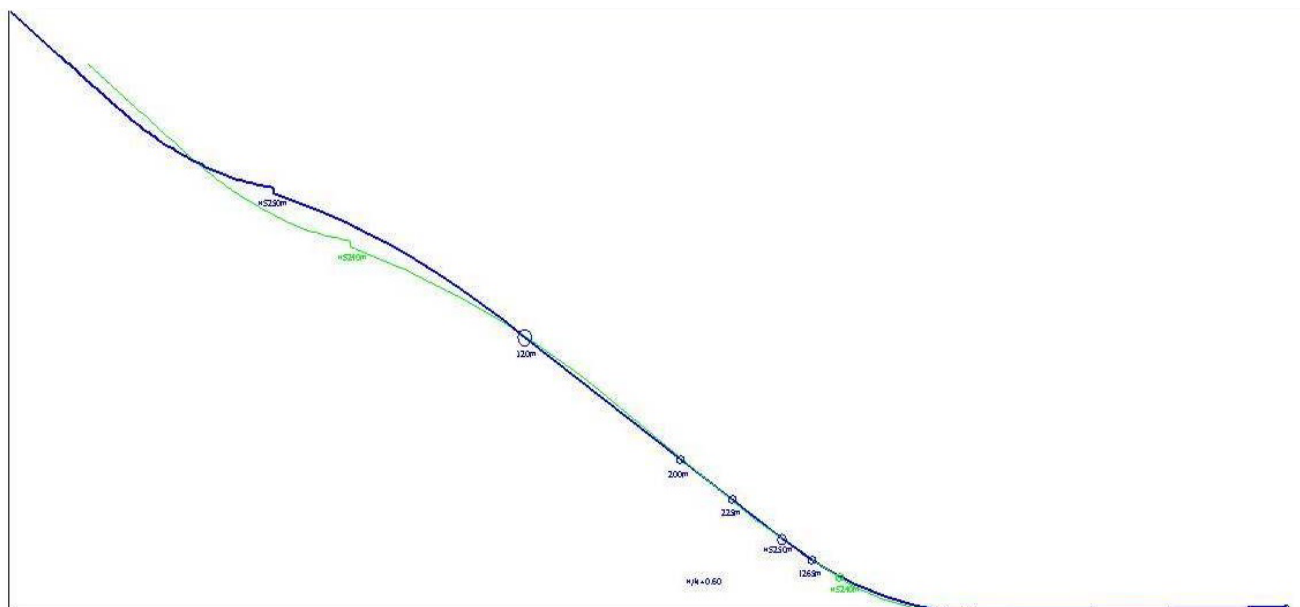


Pri doskoku bi imel Domen Prevc podoben pritisk na telo kot pri rekordnem poletu 254,5 m. Vpadni kot leta tik pred doskokom bi bil podoben, približno 14 kotnih stopinj. Kot naklona doskočišča letalnice bi bil pri dolžini poleta 260 m samo 22 kotnih stopinj. Morda bi lahko vrhunski letalec postavil nov rekordni polet s telemarkom pri dolžini 250 m. Tako bi za 1,5 m izboljšal rekordni polet Petra Prevca 248,5 m iz leta 2015, ki ga je vrhunski letalec končal s telemarkom. Na planiški letalnici so že pri zadnji prenovi leta 2014 načrtovali povečanje vertikalne razdalje za 5 m. Njena sedanja povečava tako cenovno ne bi bila zahtevna ter bi vsekakor pripomogla k večji privlačnosti prihodnjih planiških tekmovanj. To povečanje pa ne bi smelo ovirati večje prenove letalnice, ki bi vsem letalcem zagotovila varne polete do 260 m ali celo vse do 300 m.

Pristojni pri Mednarodni smučarski zvezi bi morali pri določanju bistvenih parametrov vzdolžnega profila letalnic spoštovati lastna pravila, torej tudi določilo glede velikosti doskočišča letalnice (HS). Konec doskočišča letalnice (točka L) mora omogočiti varen zaključek doskoka (zaželeno v telemark) za vse letalce, slabše in odlične. Za povečanje letalnice na velikost HS 260 m bi bilo potrebnih nekaj obsežnejših gradbenih posegov, predvsem na doskočišču in v spodnjem prehodnem loku. To pa za obe največji letalnici na svetu v Planici in Vikersundu pomeni velike stroške prenove.

Sedanji letalnici HS 240 m bi se lahko povečali tudi z ohranjanjem izteka sedanjih letalnic in s pomikom odskočne mize navzgor (Slika 104). To bi zahtevalo novo zaletišče in obsežen gradbeni poseg na odskočni mizi in v prvem delu doskočišča nove letalnice HS 260 m.

Slika 104: Letalnica HS 260 m na osi sedanje letalnice HS 240 m



Minimalno povečana letalnica HS 260 m bi morala biti zgrajena po geometrijskih značilnostih, ki ustrezajo sodobni tehniki leta najboljših skakalcev sveta in hkrati zagotavljajo čim bolj varne polete slabšim letalcem.

Mednarodna smučarska zveza bi lahko pri morebitni gradnji povečane letalnice HS 260 m spremenila način ovrednotenja nekaterih ključnih parametrov doskočišča letalnice. Razmerje H/N se še vedno izračunava v točki K. Ta pa je na letalnici HS 240 m postavljena na točko 200 m, torej 54,5 m pred sedanjim svetovnim rekordom. Takšna nelogična postavitev točke H/S je morda primerna za male 15-metrške skakalnice, ne more pa biti primerna in smiselna za letalnico HS 240 m.

Razmerje H/N je ključno za določitev točke velikosti letalnice ob koncu doskočišča, ne pa na njegovem osrednjem delu pri točki K na 200 metrih. Točka K je bila verodostojna v času, ko točka velikosti skakalnice L ni odstopala od nje ($K = L$). Danes pa so med njima velike vsebinske razlike.

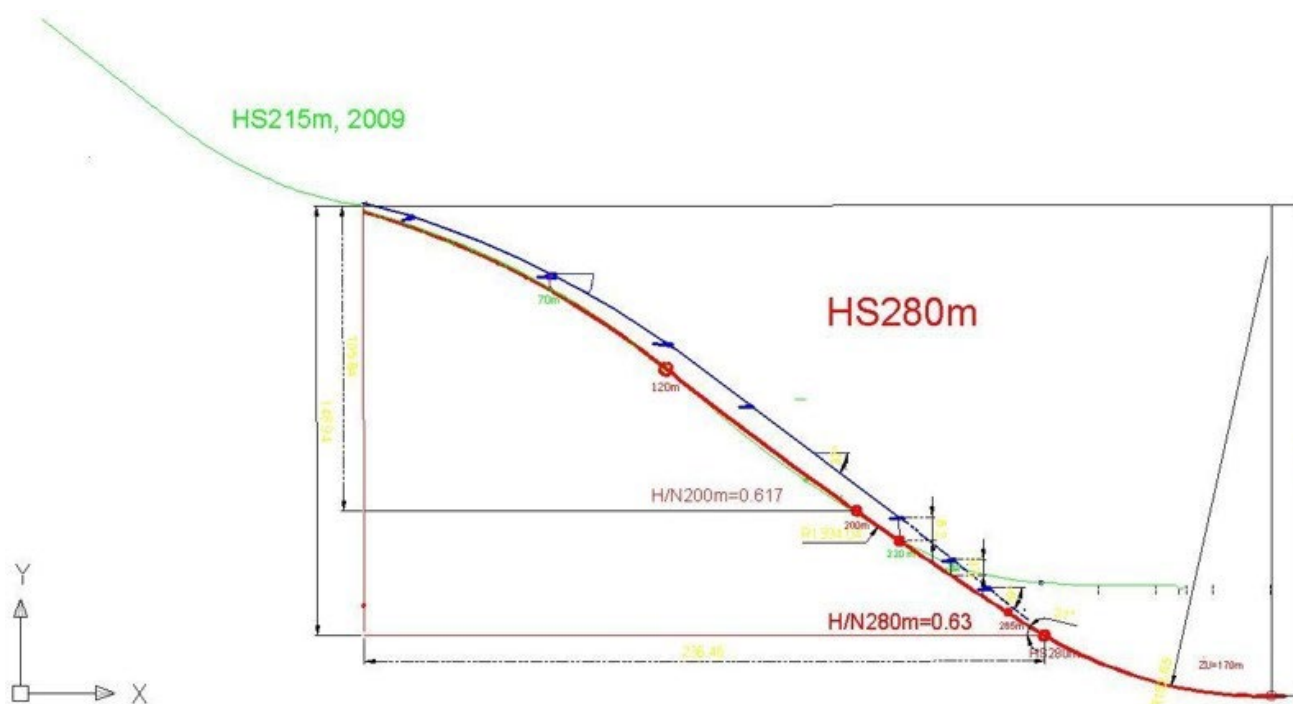
V zadnjih 30 letih se pri načrtovanju ključnih geometrijskih elementov vzdolžnega profila letalnic ni spremenilo nič. Načrtovalci profilov skakalnic in letalnic se še vedno bolj opirajo na zapletene in težko razumljive matematične teoretične enačbe (Gasser, 2008) kot pa na empirične strokovne ugotovitve raziskav na področju proučevanja kinematičnih značilnosti leta smučarjev skakalcev (Jošt, Vodičar, Štuhec in Vertič, 2009; Jošt, Ulaga in Vodičar, 2013). Krivulje poletov na smučeh so v ključnih dejavnikih zelo različne, zato je težko najti ustrezno matematično rešitev za njihovo splošno teoretično določenost. Praktični primeri krivulj poteka leta pa dajejo dobro empirično podlago za morebitne matematične simulacije raznoterih teoretičnih krivulj ob upoštevanju različnih dejavnikov, ki vplivajo na geometrijske lastnosti krivulje leta. Med te dejavnike spadajo predvsem: hitrost leta, koti leta, vpliv aerodinamičnih sil v kombinaciji z vplivom vetra ter teža sistema skakalec in oprema.

Letalnica HS 280 m

Sedanja letalnica HS 240 m bi se lahko takoj povečala na velikost HS 280 m (Slika 105). Nova točka (HS1), ki označuje točko začetka še varnega doskoka v telemark, bi bila pri 265 m (to je točka 95 odstotkov velikosti HS 280 m). Na tej letalnici bi se lahko varno letelo in doskočilo v telemark do dolžine poleta 270 m in v zelo ugodnih vetrovnih termičnih razmerah tudi do dolžine 280 m.

Letalnica HS 280 m bi bila na zaletišču, odskočni mizi in prvih 120 m doskočišča podobna sedanji letalnici HS 240 m. Razmerje H/N v točki velikosti skakalnice HS 280 m bi bilo 0,63.

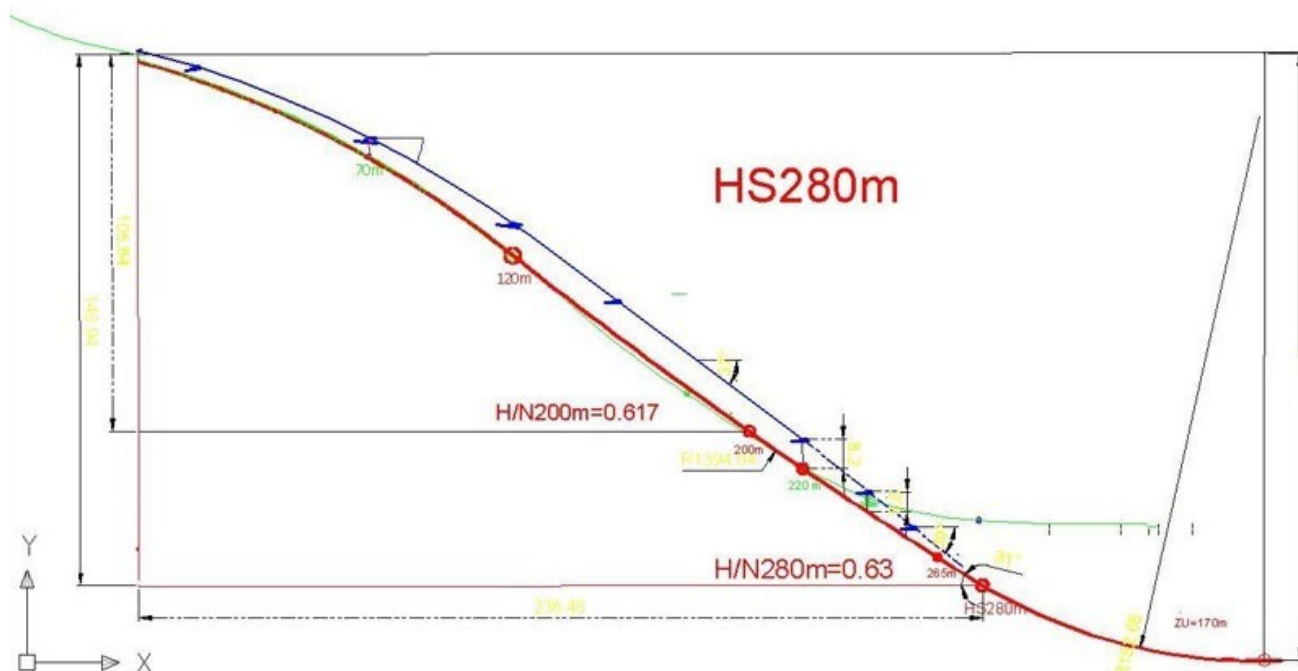
Slika 105: Letalnica HS 280 m, $H/N = 0,63$



Med točkama P 120 m in točko HS 280 m bi lahko bilo tudi ločno doskočišče (Slika 106).

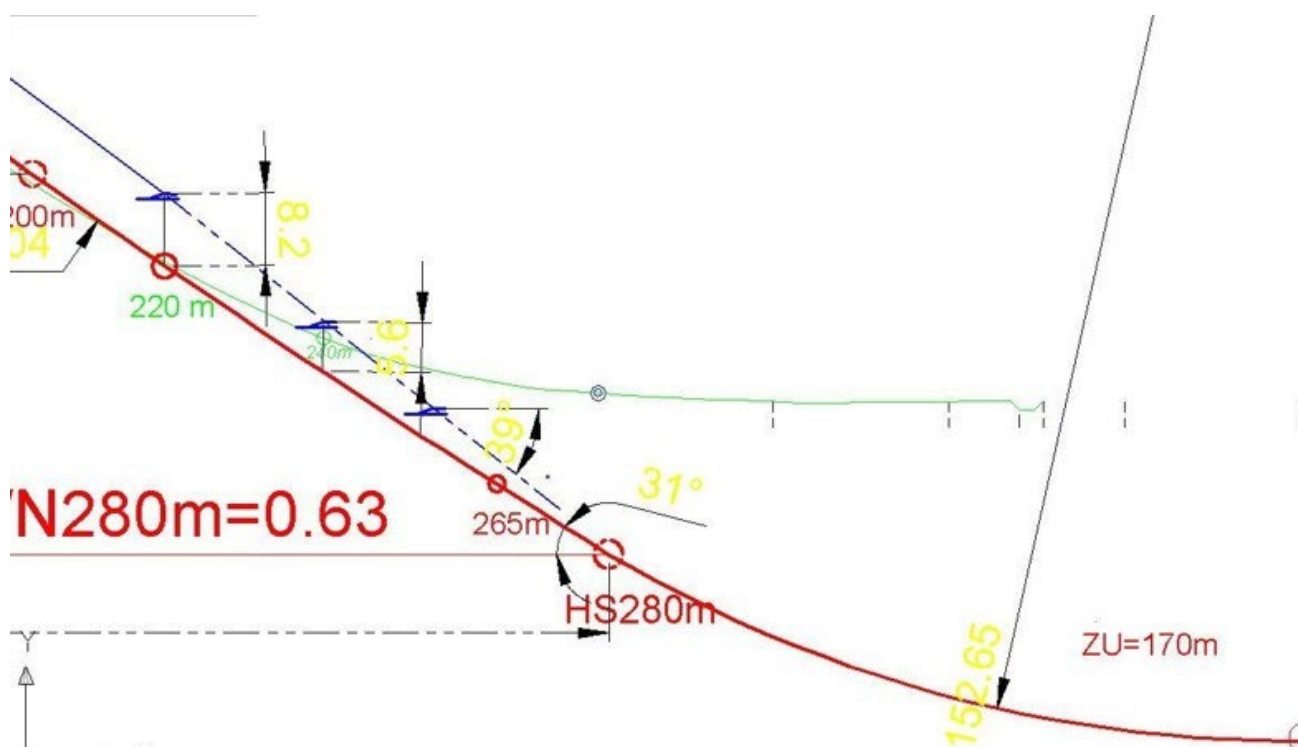
Slika 106: Letalnica HS 280 m, ločno doskočišče

215m, 2009



Na letalnici HS 280 m bi se do točke 225 m lahko ohranilo doskočišče sedanje letalnice HS 240 m. Razlike bi nastale na doskočišču, ki bi se podaljšalo do točke velikosti letalnice HS 280 m. Spodnji prehodni lok letalnice HS 280 m bi lahko imel polmer 150 m (Slika 107).

Slika 107: Letalnica HS 280 m, spodnji del



Najnižja točka letalnice HS 280 m bi se glede na sedanjo letalnico HS 240 m ob koncu prehodnega loka (Z_U) za 35 m pomaknila vertikalno navzdol. Celotna vertikalna razdalja Z_U med robom odskočne mize in najnižjo točko letalnice U bi merila 170 m. Verjetno bi bila letalnica HS 280 m primerna izbira prvega koraka povečanja sedanje letalnice HS 240 m. Na poti h končnemu povečanju letalnice HS 300 m bi do magične velikosti skakalnice manjkalo še dobrih 20 metrov. Povečanje letalnice HS 280 m na velikost HS 300 m je teoretično enostavno. Gradnja letalnice HS 280 m v realnih okoliščinah na terenu pa bi bila povezana z velikimi finančnimi vložki. Potreben je globok in trezen premislek o smiselnosti gradnje letalnice HS 280 m. Verjetno bi bilo bolj ekonomično takoj zgraditi letalnico HS 300 m, saj stroški projekta ne bi bili bistveno višji kot pri gradnji letalnice HS 280 m.

SEDMO POGLAVJE

LETALNICA HS 300 M

Načrtovanje letalnice HS 300 m je smiselno, ker današnja tehnika smučarskih skokov že dopušča varne polete do dolžine 300 m. Na improvizirani naravni letalnici HS 300 m je to s poletom 291 m dokazal japonski skakalec Rjoju Kobajaši. Za polete prek 300 m je potreben povsem nov konceptualni strokovni pristop Mednarodne smučarske zveze. Pri iskanju optimalnega vzdolžnega profila letalnice HS 300 m bo treba upoštevati številne dejavnike, ki vplivajo na določitev geometrijskih značilnosti. Izbira najustrežnejšega vzdolžnega profila letalnice HS 300 m bo na vsaki konkretni prostorski lokaciji odvisna od dejavnikov, povezanih predvsem s tehniko poletov, opremo in kakovostjo letalcev, velikostjo zaletne hitrosti, aerodinamičnimi pogoji na mikrolokaciji letalnice in vplivom vetra na dolžino poletov.

Povečanje sedanje letalnice HS 240 m na velikost letalnice HS 300 m

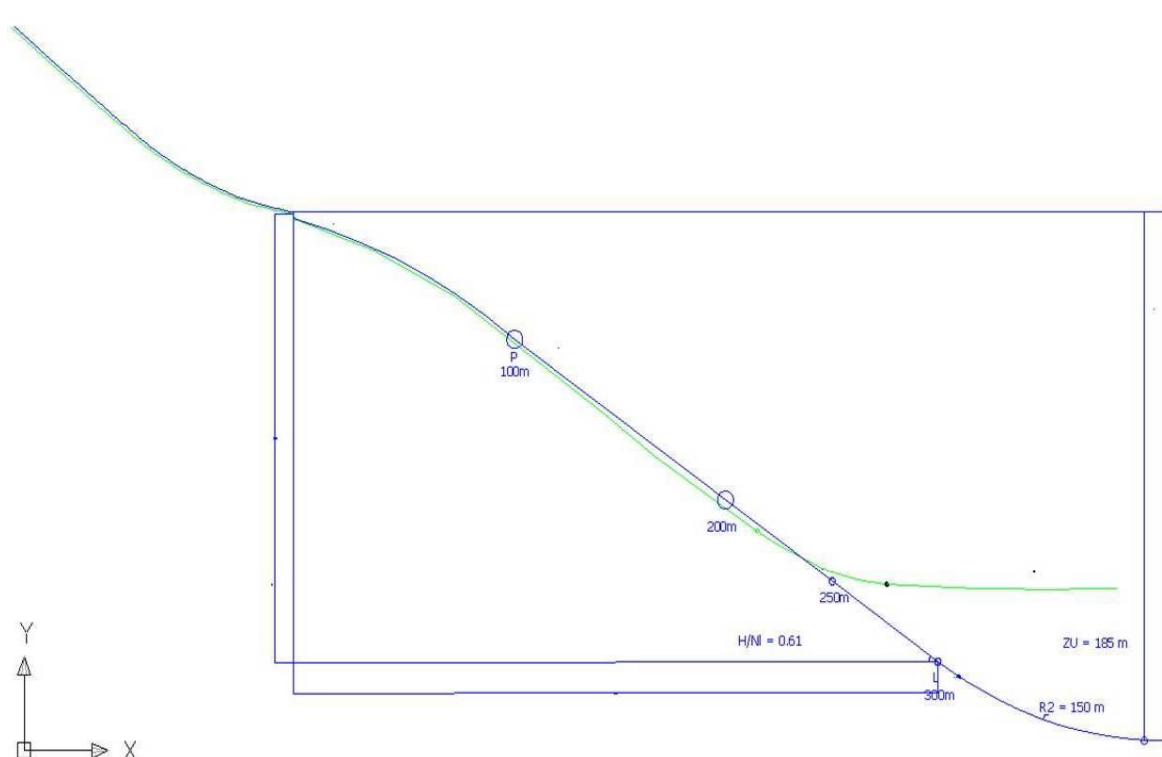
Za izdelavo vzdolžnega profila letalnice HS 300 m bi se lahko uporabil sedanji vzdolžni profil letalnice HS 240 m. Vzdolžni profil te letalnice je dokaj prijazen slabšim in povprečnim letalcem ter hkrati dopušča razmeroma enostavno povečanje letalnice na velikost HS 300 m. Na tako povečanih letalnicah bi lahko skoraj vsi skakalci, ki so na obeh največjih letalnicah v Planici in Vikersundu poleteli prek 250 m, že varno poleteli v bližino nove magične meje poletov – 300 m.

Različica letalnice HS 300 m z ravnim doskočiščem

Letalnica HS 300 m z ravnim doskočiščem (Slika 108) bi bila precej večja od današnje letalnice HS 240 m. Profil zaletišča in odskočne mize se ne bi spreminjal. V prvem delu doskočišča ne bi bilo večjih sprememb.

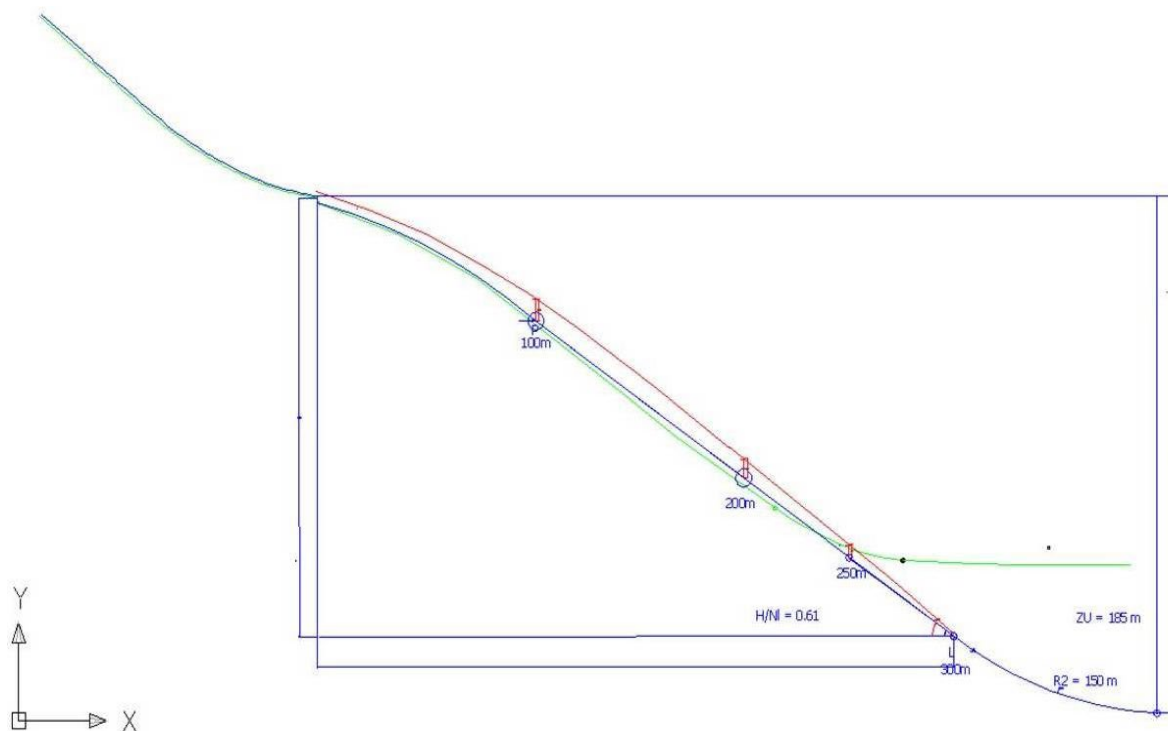
Pri ravnem doskočišču bi bil naklon doskočišča med obema točkama (P in L) enak po celotnem doskočišču (34 kotnih stopinj). Razmerje H/N v točki velikosti letalnice HS 300 m je lahko 0,61. Za tako veliko letalnico je to razmeroma nizko razmerje H/N . Za polete v bližino 300 m bi se morala nekoliko dvigniti krivulja leta v osrednjem delu poleta. Dolgi poleti v bližino točke velikosti letalnice bi bili mogoči ob zelo ugodnem vetru in nekoliko večji zaletni hitrosti.

Slika 108: Vz dolžni profil letalnice HS 300 m z ravnim doskočiščem, $H/N\ 300\text{ m} = 0,61$



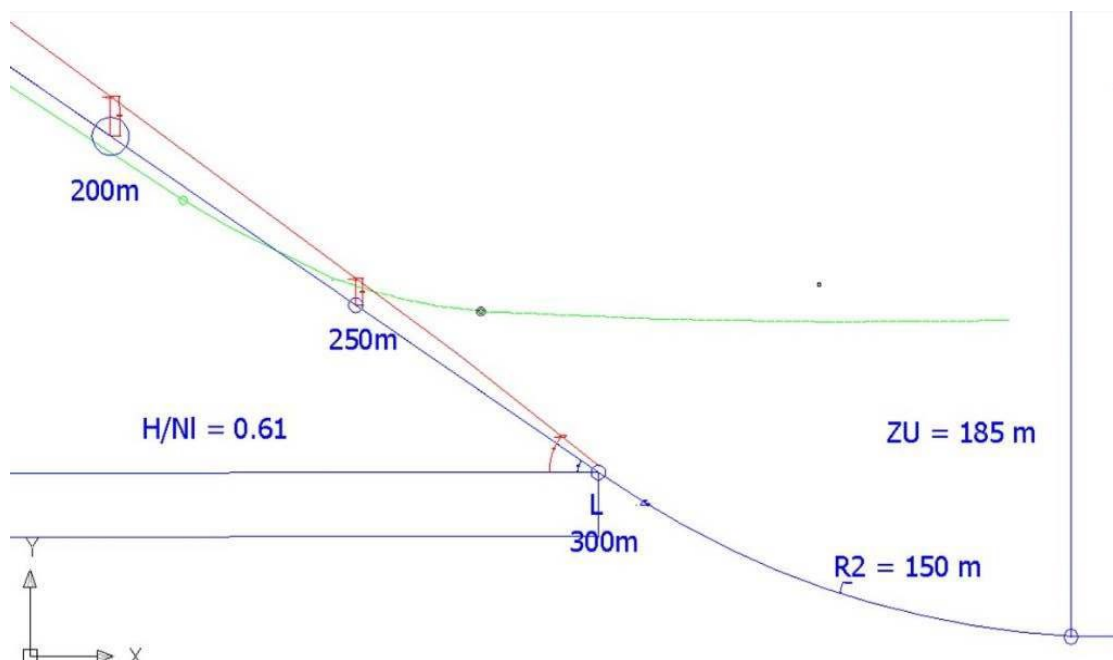
Simulacija poleta Gregorja Schlierenzauerja (Slika 109) 253,5 m je pokazala, da bi lahko na enostavno povečani letalnici HS 300 m že poletel prek 300 m in polet končal z doskokom v telemark.

Slika 109: Simulacija poleta Gregorja Schlierenzauerja 253,5 m na povečani letalnici HS 300 m



Gregor Schlierenzauer bi na povečani planiški letalnici HS 300 m lahko poletel približno 304 m. V zaključnem delu poleta bi bil pristajalni kot 38 kotnih stopinj. Letalnica HS 300 m bi dopuščala najdaljše polete do 310 m. Pri tej dolžini poleta bi bil naklon doskočišča letalnice še vedno 30 kotnih stopinj. V spodnjem prehodnem loku (Slika 110) bi imela letalnica večji prehodni lok ($R_2 = 150$ m).

Slika 110: Večji spodnji prehodni lok letalnice HS 300 m, $H/N = 0,61$

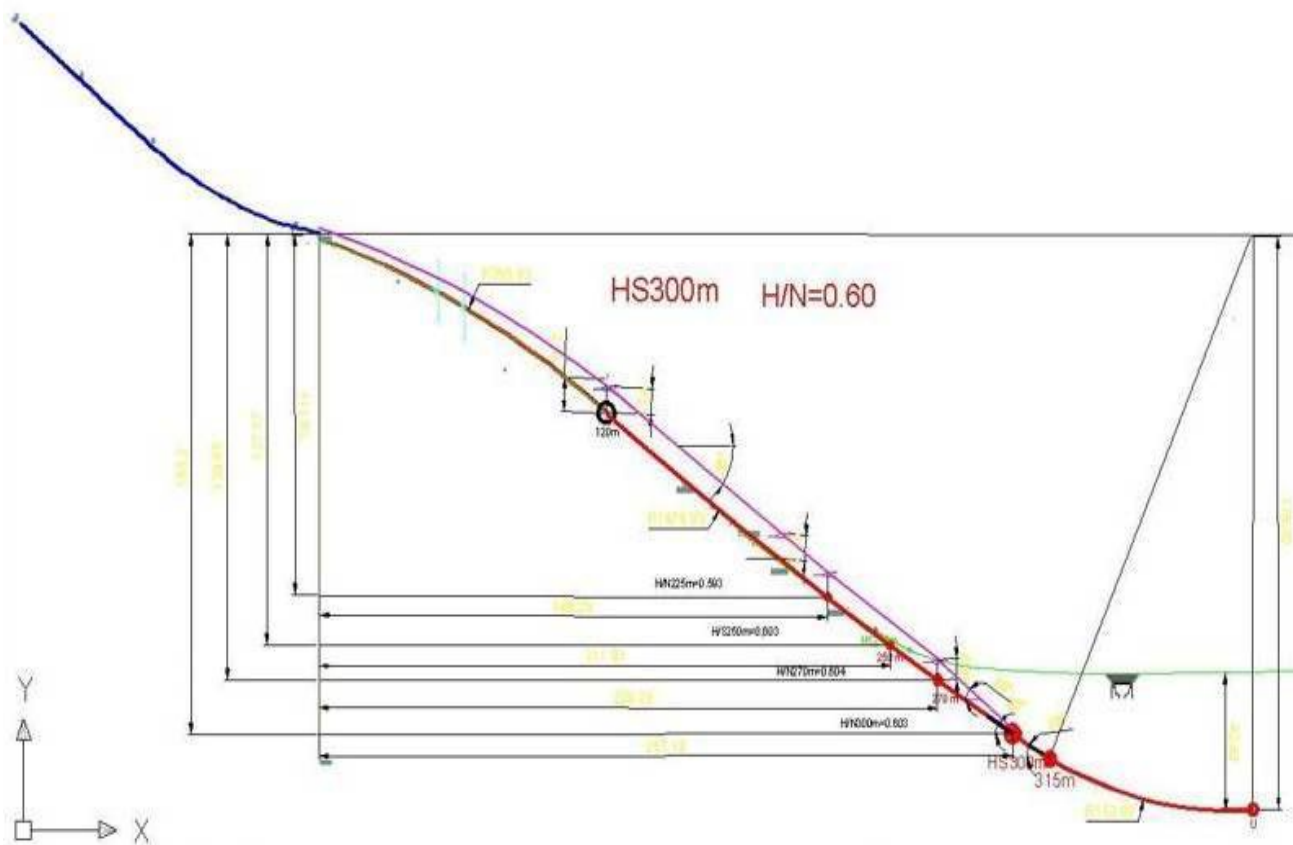


Vertikalna razdalja med robom odskočne mize in najnižjo točko ob koncu spodnjega prehodnega loka (Z_U) bi obsegala 185 m. Ta razdalja bi bila 50 metrov večja od razdalje na letalnicah HS 240 m v Planici in Vikersundu ($Z_U = 135$ m).

Različica letalnice HS 300 m z ločnim doskočiščem ($H/N_{hs} = 0,603$)

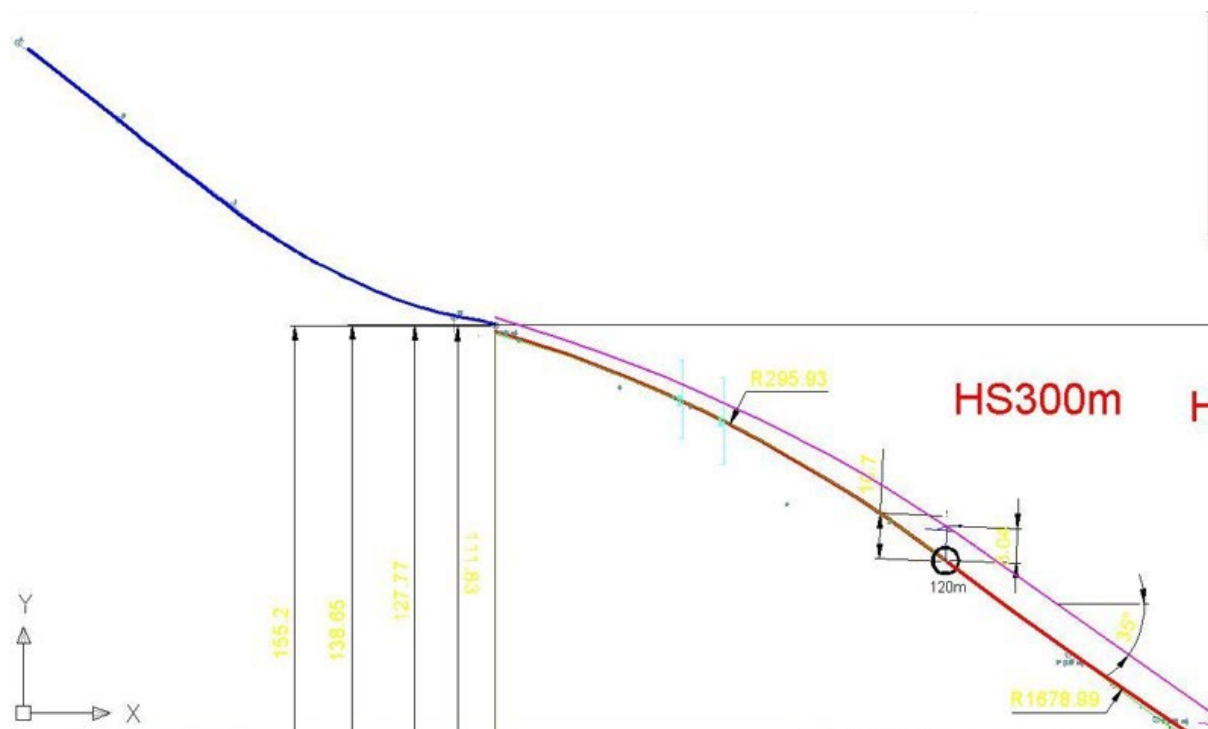
Pri različici letalnice HS 300 m ($H/N = 0,603$) z ločnim delom doskočišča bi bila preslikava današnjega profila obeh največjih letalnic HS 240 m v Planici in Vikersundu še bolj podobna. Tako profilirano doskočišče bi bilo povprečnim letalcem bolj prijazno. Omogočilo bi jim večjo višino leta v osrednjem in zaključnem delu poleta in tudi nekaj metrov daljši polet (Slika 111).

Slika 111: Različica letalnice HS 300 m ($H/N = 0,603$) z ločnim delom doskočišča



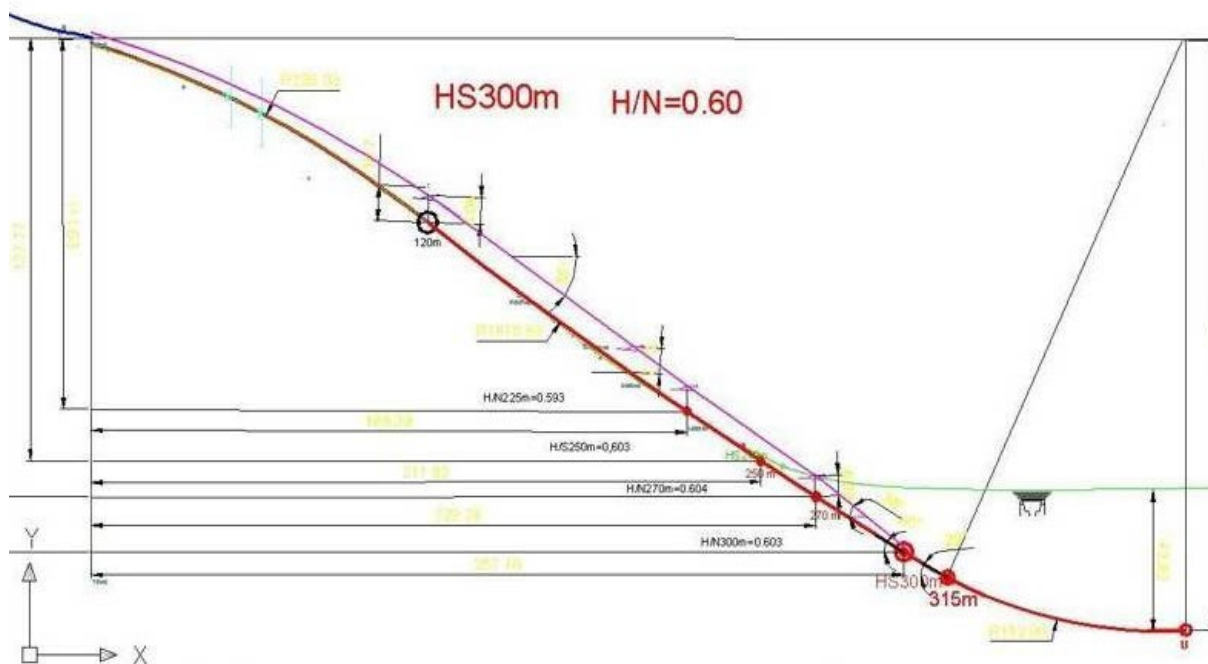
Letalnica HS 300 m ohranja v prvi polovici doskočišča bistvene značilnosti vzdolžnega profila sedanje letalnice HS 240 m (Slika 112).

Slika 112: Zgornji del letalnice HS 300 m bi bil povsem enak sedanji letalnici HS 240 m



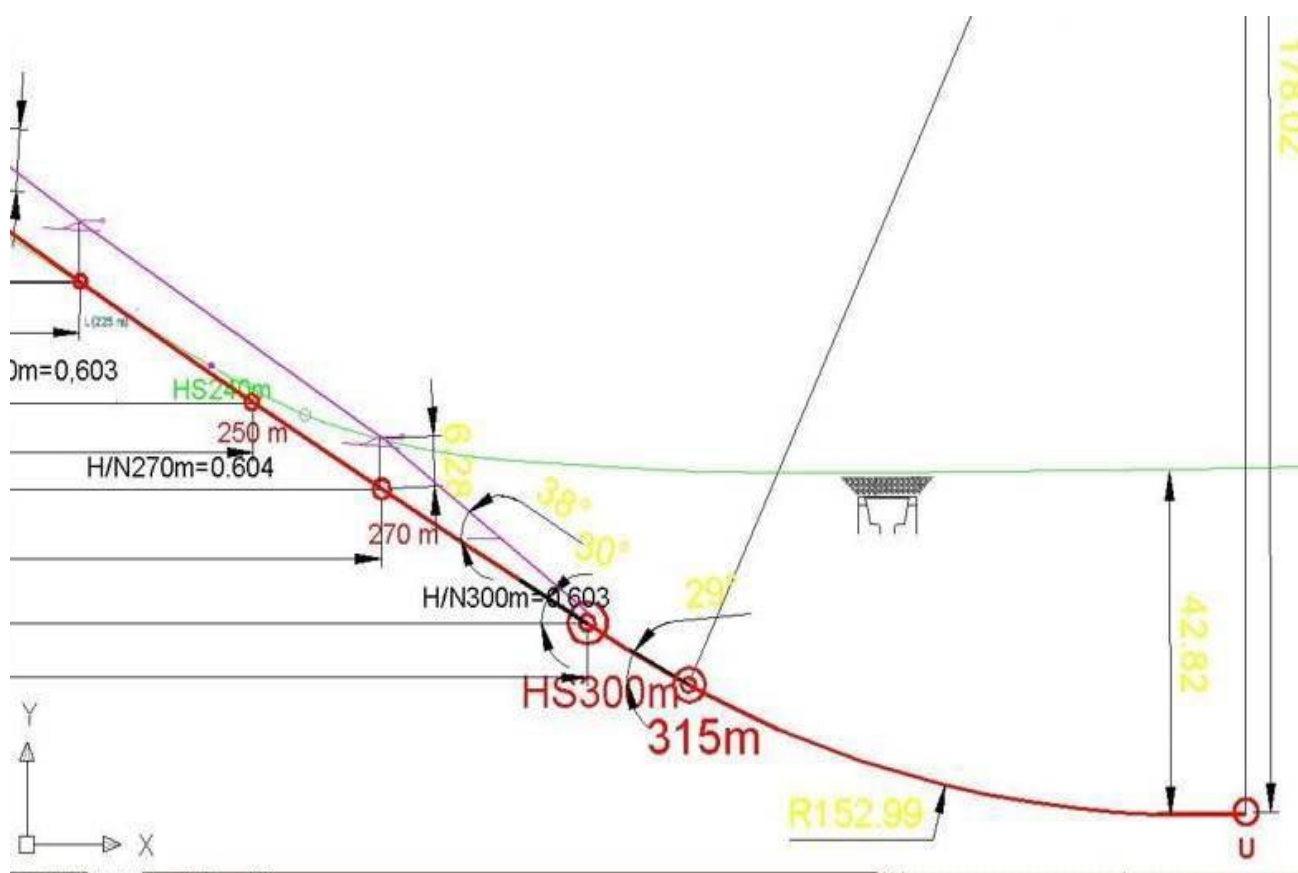
Letalnica HS 300 m bi se od sedanje letalnice HS 240 m razlikovala od točke 225 m naprej (Slika 113).

Slika 113: Doskočišče letalnice HS 300 m z ločnim doskočiščem ($H/N = 0,603$)



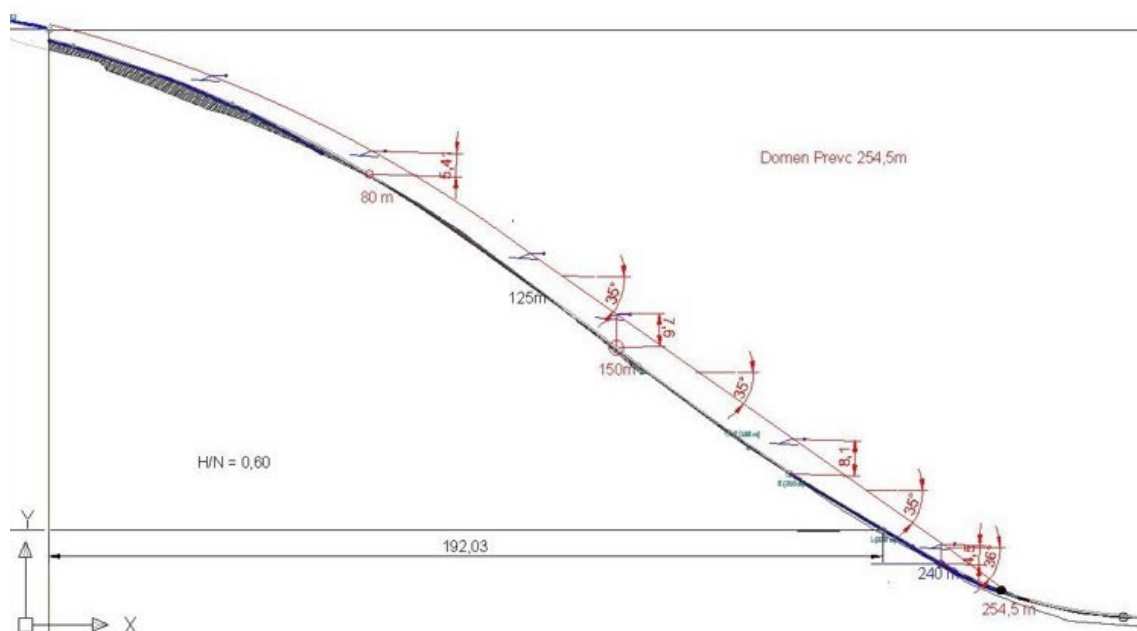
Bistvena sprememba doskočišča letalnice HS 300 m z ločnim doskočiščem bi se zgodila šele po točki 225 m (Slika 114).

Slika 114: Spodnji del doskočišča in iztek letalnice HS 300 m ($H/N = 0,603$)



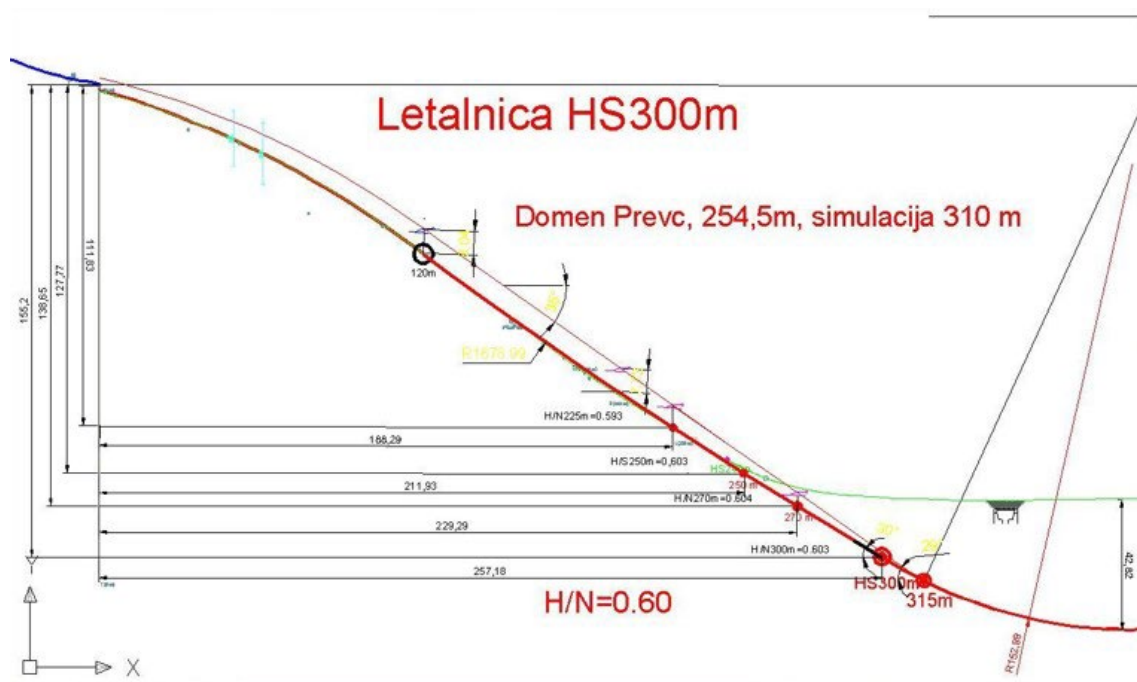
Pri iskanju ustreznega vzdolžnega profila letalnice HS 300 m je treba upoštevati, da bi na tej letalnici nastopali tudi povprečni in podpovprečni letalci. Za slabše letalce bi bila letalnica z nizkim razmerjem $H/N = 0,603$ v točki velikosti letalnice 300 m dokaj zahtevna različica. Pri rekordnem poletu Domna Prevca 254,5 m na planiški letalnici 30. marca 2025 je bila krivulja njegovega poleta v osrednjem delu poleta 35 kotnih stopinj (Slika 115).

Slika 115: Kot leta pri rekordnem planiškem poletu Domna Prevca 254,5 m je bil v srednjem delu leta samo 35 kotnih stopinj, Planica, 30. marec 2025, ZH = 103,1 km/h, veter = +0,33 m/s



Tako nizek kot letenja lahko dosežejo le odlični letalci. Dobri letalci imajo kot letenja med 37 in 38 kotnimi stopinjami. Povprečni letalci letijo pri naklonu krivulje leta med 39 in 40 kotnimi stopinjami. Slabši letalci pa letijo pri večjem naklonu krivulje leta, ki lahko presega 40 kotnih stopinj. Na letalnici HS 300 m bi rekordne dolžine poletov praviloma dosegli samo letalci, ki bi imeli kot leta do 36 kotnih stopinj. Domen Prevc bi lahko s poletom 254,5 m na povečani planiški letalnici HS 300 m ($H/NL = 0,60$) poletel približno 310 m (Slika 116).

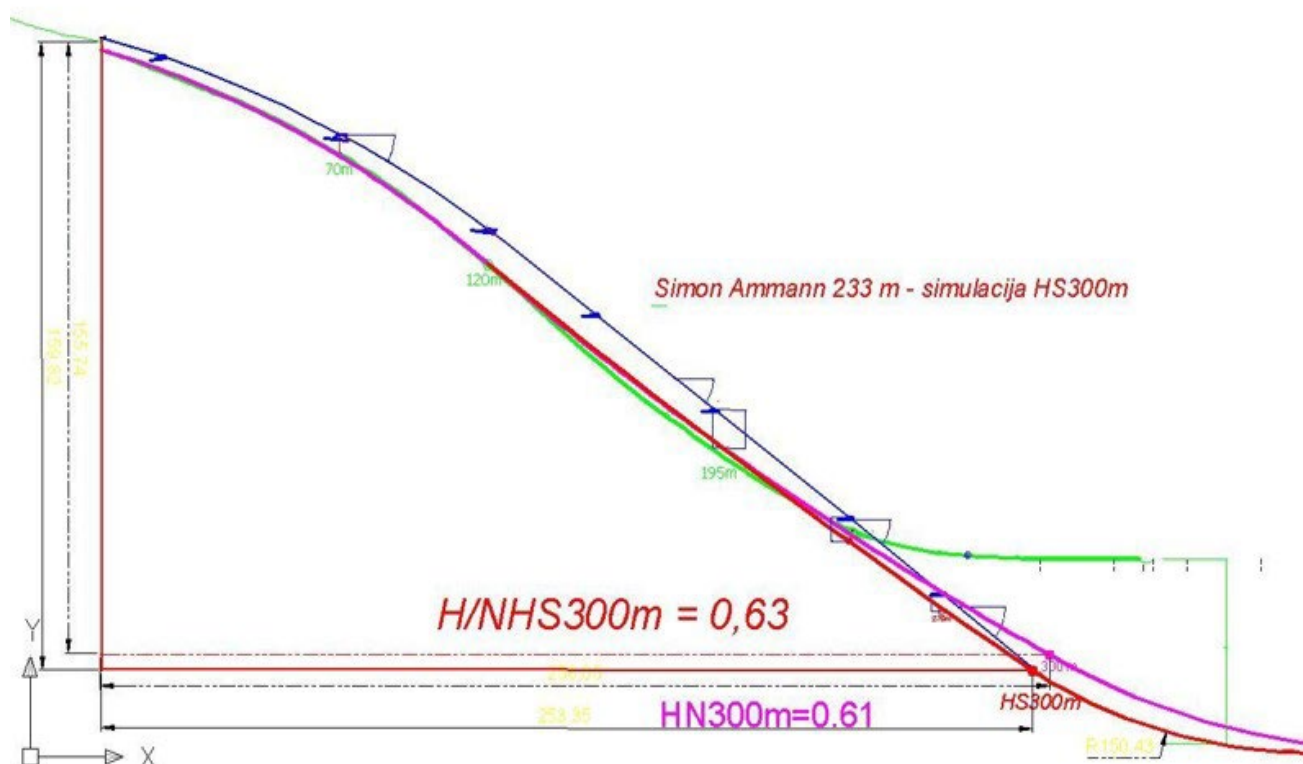
Slika 116: Domen Prevc bi lahko pri rekordnem poletu 254,5m na letalnici HS 300 m poletel približno 310 m



Različica letalnice HS 300 m z ločnim doskočiščem in večjim razmerjem H/N v točki velikosti letalnice ($H/N_{hs} = 0,63$)

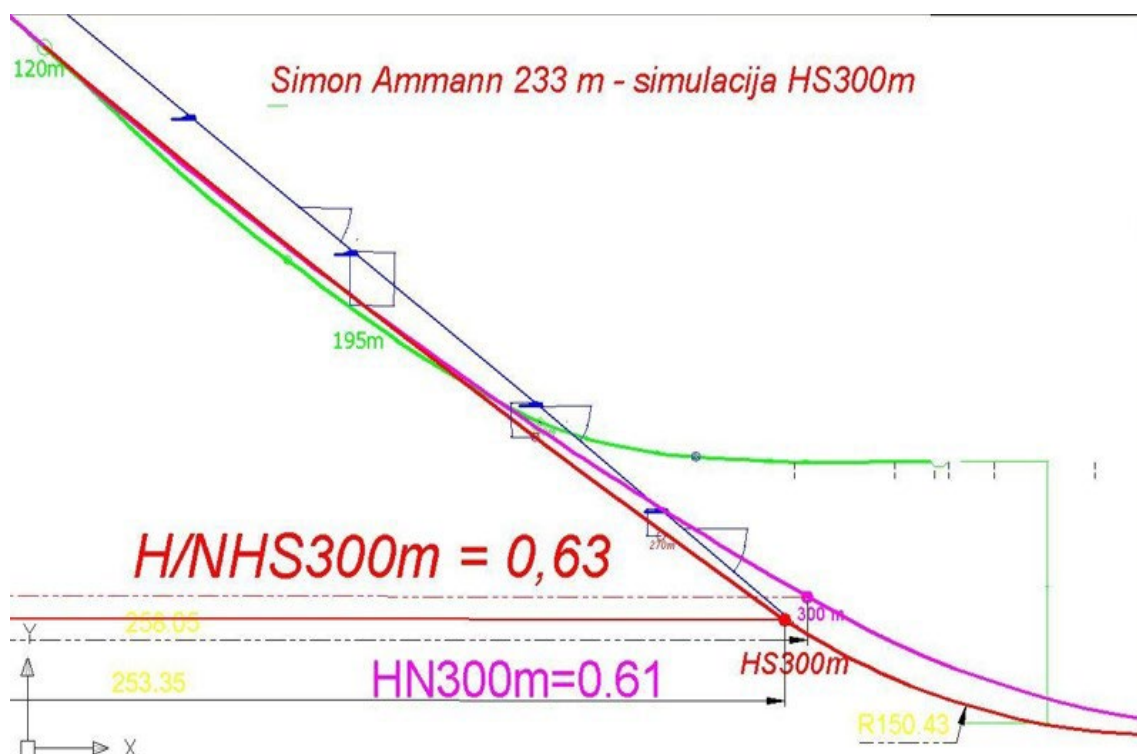
Različica letalnice HS 300 m z večjim razmerjem H/N ($H/N = 0,63$) bi bila prijaznejša do slabših in povprečnih letalcev na smučeh (Slika 117). Podlaga za to različico letalnice HS 300 m sta lahko sedanji letalnici HS 240 m v Vikersundu in Planici. Na tako povečani letalnici HS 300 m bi švicarski skakalec Simon Ammann s svojim poletom 233 m lahko poletel prek 300 m.

Slika 117: Za povprečne letalce in letalke bi bila najustreznejša letalnica HS 300 m z razmerjem H/N 0,63 v točki velikosti letalnice HS



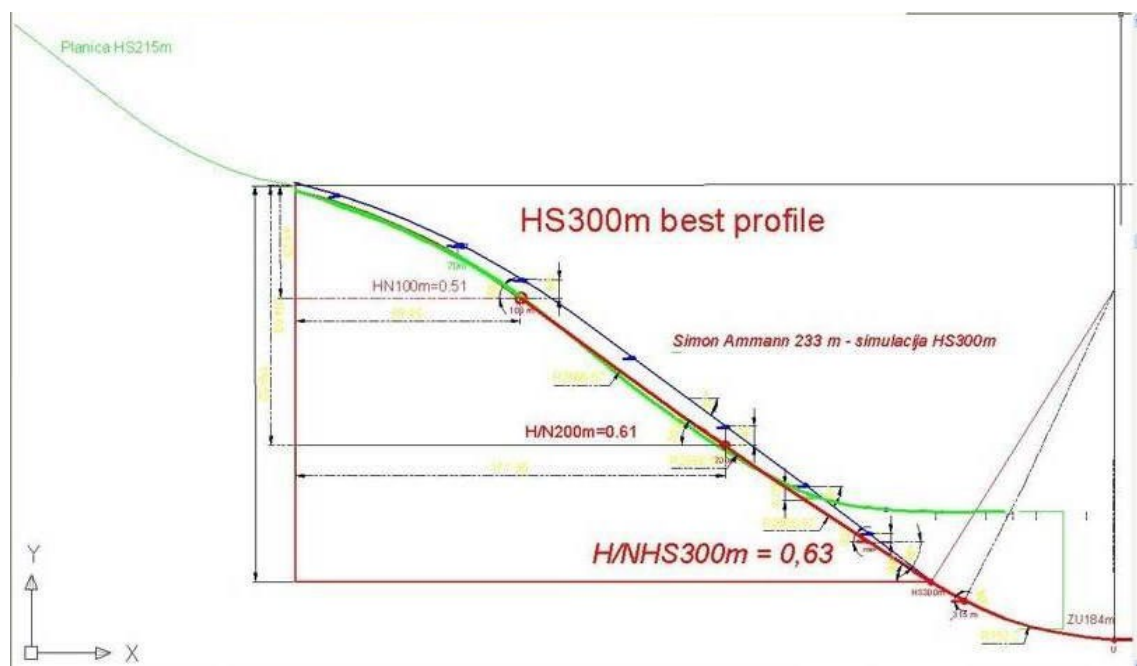
Na letalnici z razmerjem $H/N = 0,61$ bi Simon Ammann s poletom 233 m lahko poletel le 270 m (Slika 118).

Slika 118: Letalnica HS 300 m z nizkim razmerjem H/N 0,61 bi bila z vidika doseganja rekordnega poleta 300 m dokaj zahtevna letalnica



Navedeni različici letalnic HS 300 m bi se med seboj začeli razlikovati šele pri 200 m. V nadaljevanju doskočišča bi bila letalnica z nižjim razmerjem H/N 0,61 položnejša in zaradi tega navidezno prijaznejša. Dolžina rekordnega poleta 300 m bi bila pri tej manj ugodni različici dosegljiva le za najboljše letalce. Letalnica z večjim razmerjem H/N v točki velikosti letalnice HS 300 m ($H/N = 0,63$) bi olajšala doseganje najdaljših poletov vse do dolžine 300 m (Slika 119).

Slika 119: Letalnica HS 300 m, $H/N_{hs} = 0,63$



Planica HS215m

HS300m

70m

HN100m=0.51

89.45

36

100m

15.5

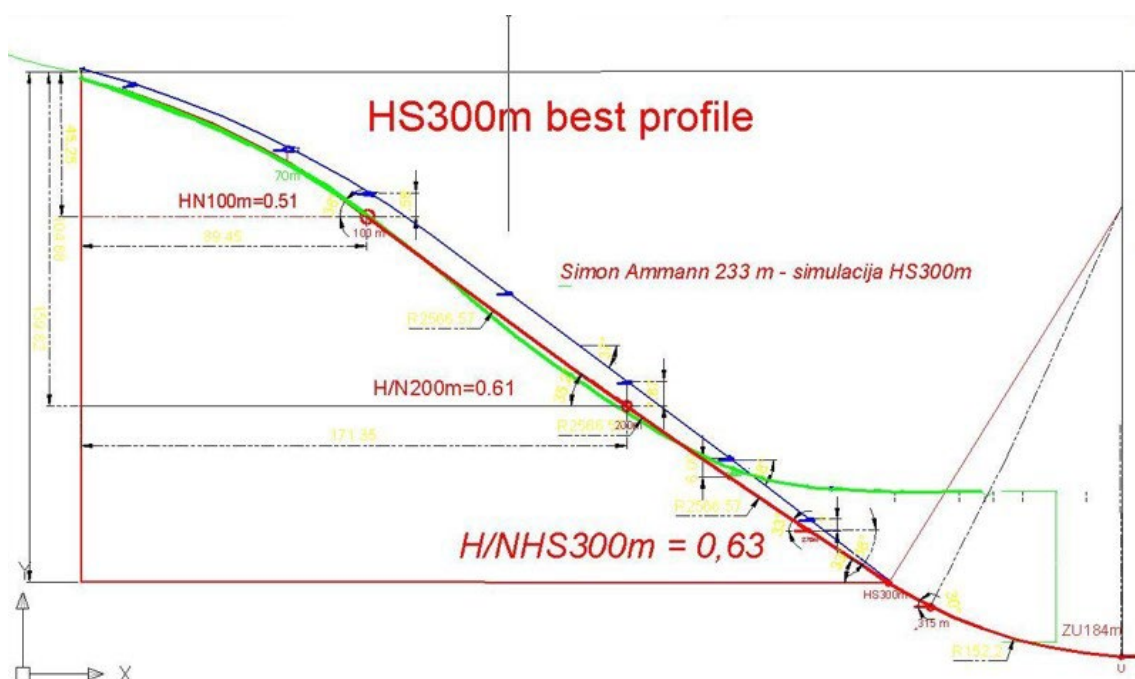
45.25

104.66

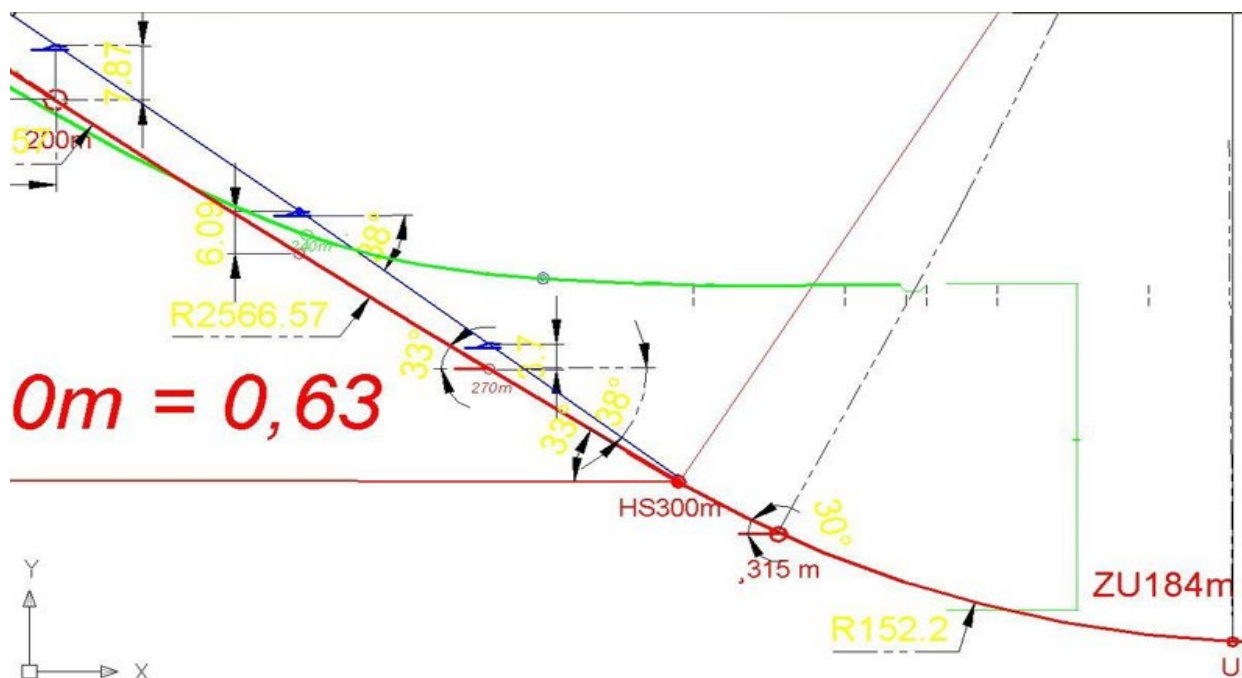
Y

X

Slika 121: Doskočišče letalnice HS 300 m, $H/N = 0,63$



Slika 122: Letalnica HS 300 m, $H/N = 0,63$, spodnji del doskočišča s prehodnim lokom letalnice

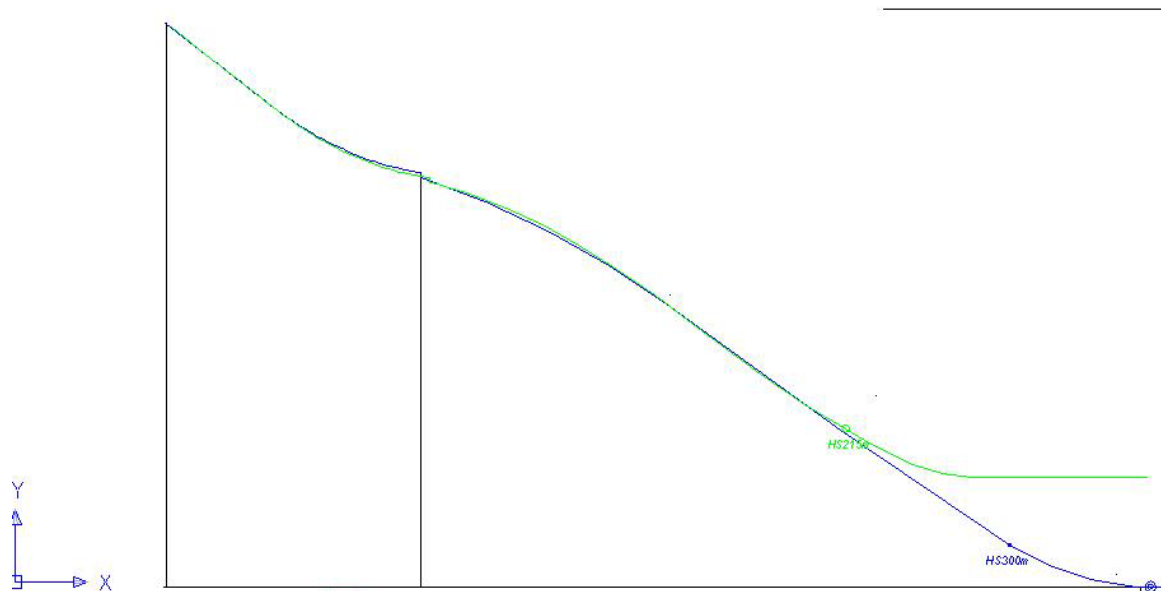


121

Izbira ustrezne lokacije za gradnjo letalnice HS 300 m

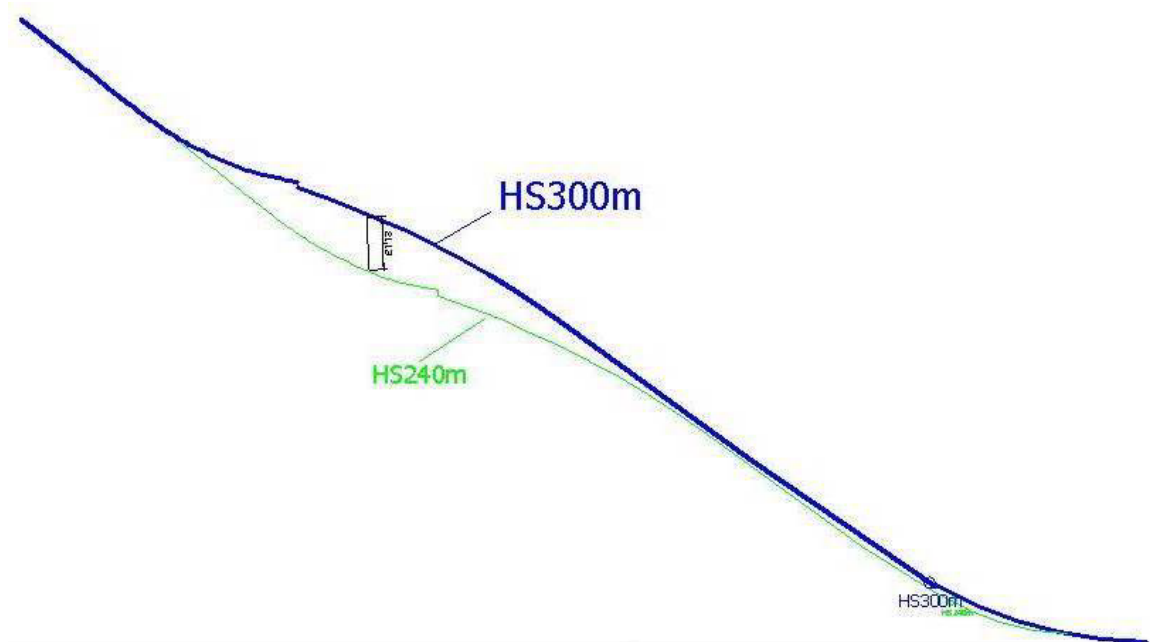
Povečanje letalnice do velikosti HS 300 m bi zahtevalo veliko naravnega prostora. Dobra osnova za povečanje letalnice na velikost HS 300 m bi bila lokacija trenutno največjih letalnic HS 240 m v Vikersundu in Planici (Slika 123).

Slika 123: Letalnica HS 300 m bi bila v znatnem delu vzdolžnega profila lahko preslikava letalnice HS 240 m



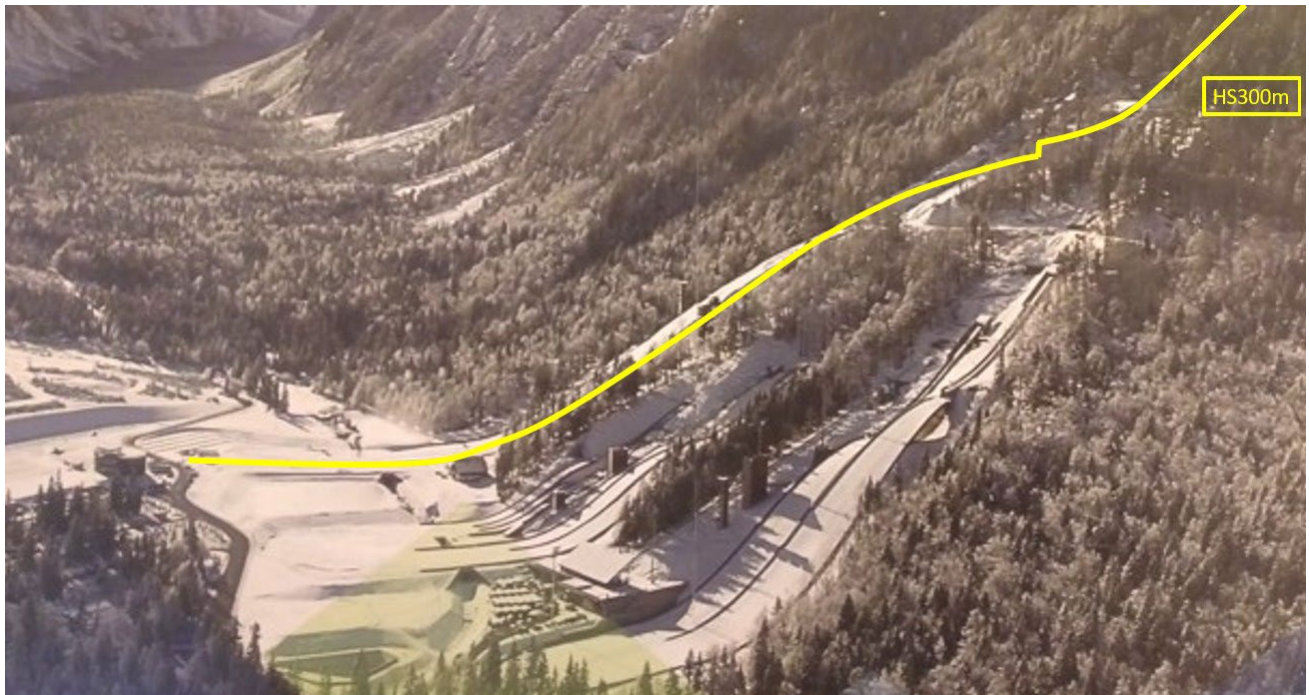
Različica planiške letalnice HS 300 m z isto postavitvijo vzdolžne osi, kot je na sedanji letalnici HS 240 m, in ohranjanjem sedanjega doskočišča letalnice HS 240 m bi zahtevala velike gradbene posege na zaletišču, odskočni mizi in prvi polovici doskočišča (Slika 124).

Slika 124: Različica letalnice HS 300 m na sedanji vzdolžni osi letalnice HS 240 m



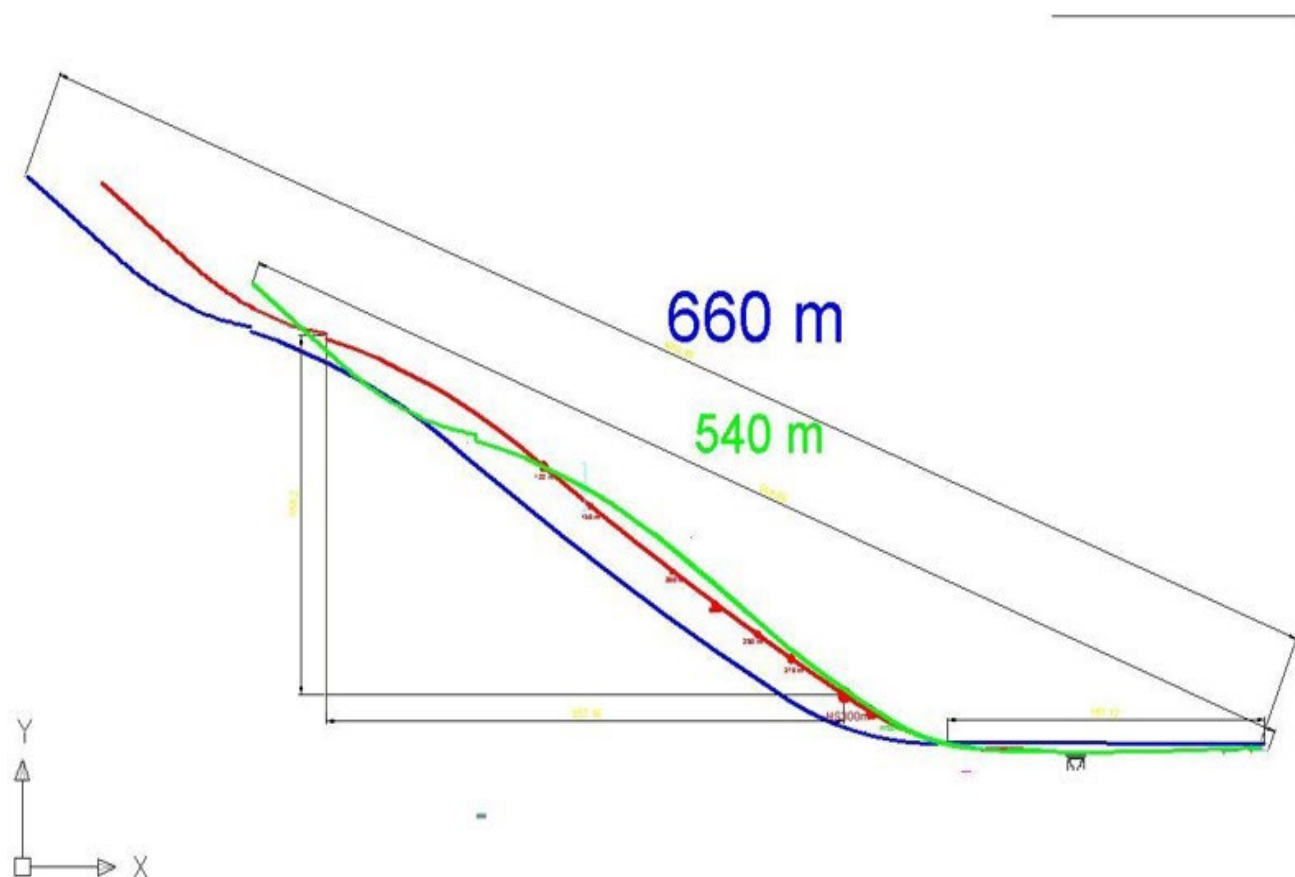
Največji izziv pri tej različici bi bila ustrezna vetrovna zaščita prve polovice doskočišča (Slika 125).

Slika 125: Letalnica HS 300 m na sedanji vzdolžni osi planiške letalnice HS 240 m brez vkopa v naravni teren letalnice



Vso letalnico HS 300 m bi bilo optimalno potisniti nazaj v naravni teren letalnice HS 240 m. Velikost pomika letalnice nazaj v teren bi bila odvisna predvsem od študije terena, stroškov gradnje in ocene prednosti in slabosti, ki jo posamezna različica velikosti terenskega pomika povzroči. Z večjim pomikom nazaj bi letalnica HS 300 m potekala skoraj po naravnem terenu. S tem bi se ohranilo celotno območje izteka sedanje letalnice HS 240 m. Večji terenski pomik letalnice bi sicer povzročil odstranitev določenega dela sedanjega doskočišča letalnice HS 240 m, vendar bi bila pozneje gradnja zgornjega dela doskočišča, odskočne mize in zaletišča cenejša, lažja in prijaznejša (Slika 126).

Slika 126: Različica letalnice HS 300 m s pomikom nazaj v teren



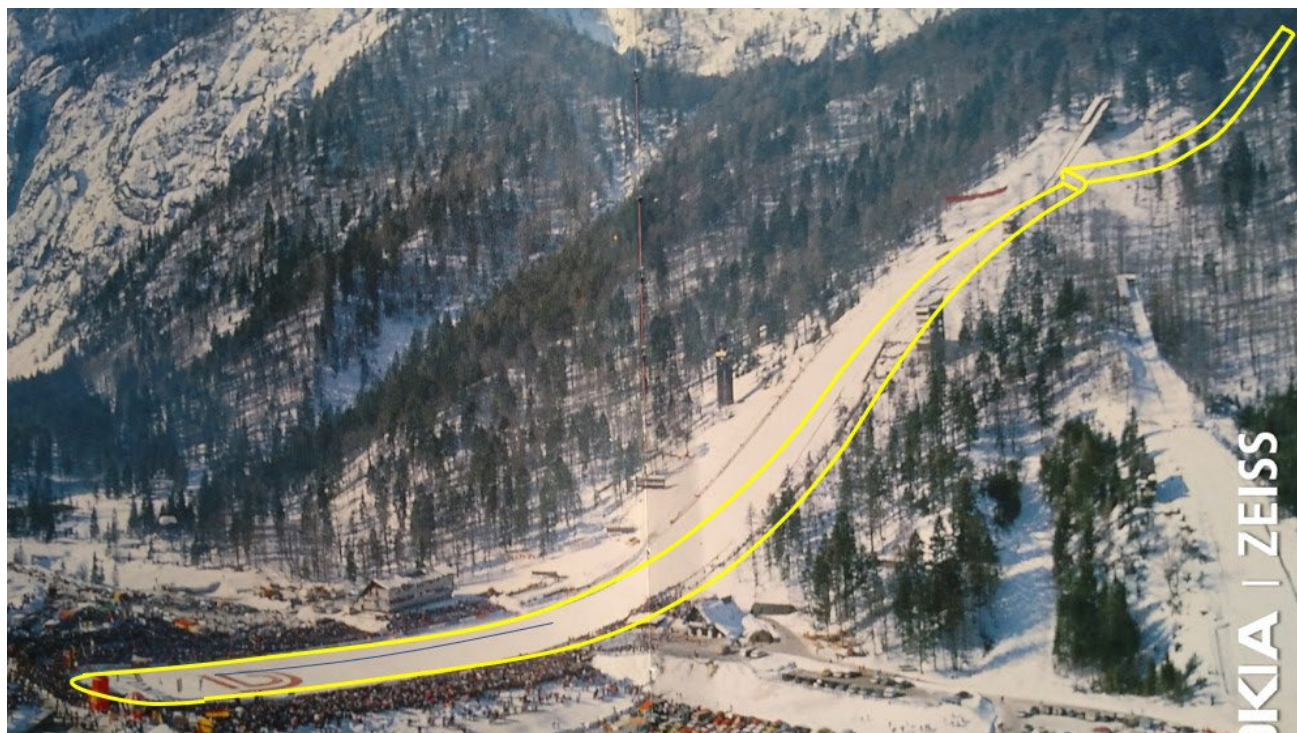
Prednosti te bolj naravne različice bi bile v boljši umeščenosti vzdolžnega profila v naravni teren in boljši naravni zaščiti pred neugodnim vplivom vetra (Slika 127).

Slika 127: Različica letalnice HS 300 m z večjim pomikom nazaj v teren



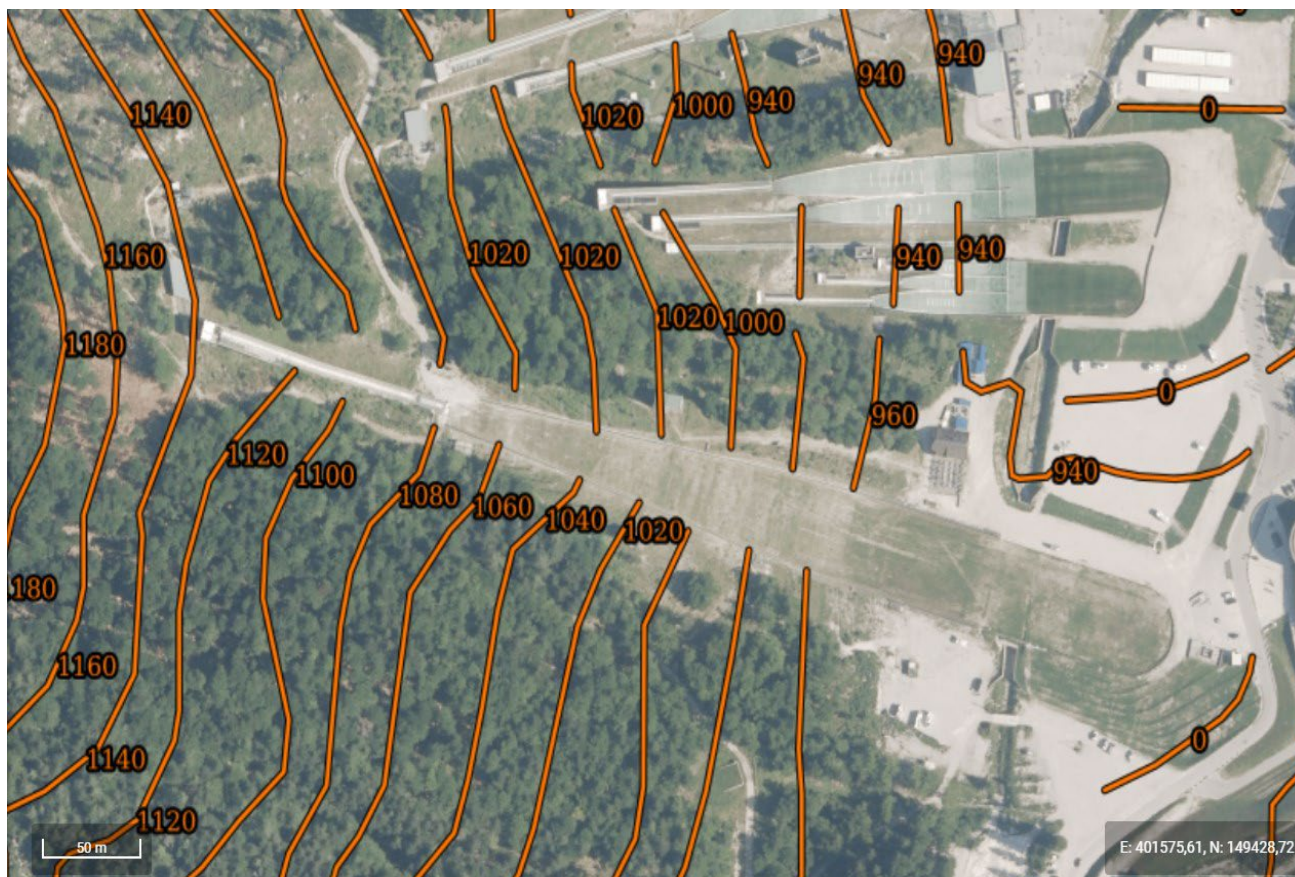
Letalnica HS 300 m bi bila z večjim pomikom nazaj v naravni teren bolj naravno zaščitena pred neugodnim vplivom vetra (tudi umetna zaščita pred vetrom bi bila cenejša). Krivulja leta bi bila glede na naravni teren lahko nižja. Zaletišče različice naravne letalnice bi bilo postavljeno na naravni teren (Sliki 128).

Slika 128: Shematski prikaz vzdolžnega profila naravne letalnice HS 300 m na lokaciji sedanje planiške letalnice HS 240 m



Nad nižjim naravnim doskočiščem letalnice bi se lahko izboljšala tudi vzgonska termika, kar bi olajšalo dolge polete. Letalnica HS 300 m bi morala omogočiti varne polete tako najslabšim kot tudi najboljšim letalcem, in to pri najkrajših in tudi najdaljših poletih. Pri zagotavljanju varnih poletov bi bila lahko velika težava vetrna zaščita nad doskočiščem letalnice HS 300 m. Veter je namreč lahko največji prijatelj ali sovražnik varnih razmer letenja. Celotna vertikalna višina letalnice HS 300 m bi bila približno 250 m. Vertikalna razlika med odskočno mizo letalnice HS 240 m in odskočno mizo letalnice HS 300 m bi bila 50 m. Takšna višinska razlika bi bila ugodnejša, če bi iztek povečane letalnice HS 300 m ostal na isti nadmorski višini 940 m. Vrh zaleta letalnice HS 300 m bi bil na nadmorski višini 1190 m in rob odskočne mize na nadmorski višini 1125 m (Slika 129).

Slika 129: Naravni teren bi bil glede na vertikalno višino povečane letalnice HS 300 m ugoden (povzeto iz javnega dostopa eProstor: Portal Prostor Geodetske uprave RS)



Pri tej naravnejši različici nove letalnice HS 300 m bi se lahko ohranil večji del izteka sedanje letalnice HS 240m in s tem tudi tamkajšnji prostor za gledalce. Z zgraditvijo letalnice HS 300 m na sedanji lokaciji letalnice HS 240 m bi se lahko ohranila večina že zgrajene prostorske infrastrukture ob letalnici.

Različica nove lokacije vzdolžne osi planiške letalnice HS 300 m

V Planici bi se letalnica HS 300 m lahko zgradila tudi ob letalnici HS 240 m, na njeni levi strani (pogled od spodaj navzgor). Pri tej različici bi se os vzdolžnega profila letalnice HS 300 m rahlo zarotirala v desno (Slika 130).

Slika 130: Različica nove lokacije vzdolžne osi letalnice HS 300 m z rahlo rotacijo osi letalnice v desno



Na novi lokaciji osi letalnice HS 300 m bi se lahko zgradila povsem naravna letalnica. V srednjem in spodnjem delu doskočišča bi bila ugodno naravno zaščiten pred motečim vetrom. Doskočišče in iztek nove letalnice bi lahko bila koristno izkoriščena tudi za kakšne dopolnilne športne dejavnosti (alpsko smučanje, tek na smučeh in podobno).

Nova terensko naravna različica bi najprej zahtevala ustrezno prostorsko preveritev ter predvsem presojo pozitivnih in negativnih učinkov te lokacije. Sedanja letalnica HS 240 m bi pri tej različici gradnje letalnice HS 300 m lahko ostala v uporabi. Poleti na letalnici HS 300 m bi bili za povprečne in slabše letalce precej zahtevnejši, kot so poleti na sedanji letalnici HS 240 m. Predvsem bi se povečala

hitrost po doskoku v spodnjem prehodnem loku letalnice. Povečanje hitrosti v tem delu letalnice bi lahko predvsem pri izgubi ravnotežja povzročilo velike težave pri vožnji v iztek letalnice.

Rekordne daljave čez magično mejo 300 m bi s sedanjo tehniko leta in opremo dosegli le najboljši letalci. Slabši in povprečni letalci bi za polet 300 m potrebovali veliko zaletno hitrost in v osrednjem delu letalnice dokaj visoko krivuljo leta. Letalnica HS 300 m bo verjetno še nekaj časa nedosegljiva realnost za večino smučark skakalk. To velja zlasti za ekstremno dolge polete čez 270 m. S tega zornega kota bi bilo morda smiselno ohraniti sedanji letalnici HS 240 m v Planici in Vikersundu.

Novi rekordni poleti bodo pri sedanji velikosti obeh največjih letalnic HS 240 m zelo nevarni za smučarje skakalce in še zlasti smučarke skakalke. V nevarnosti bodo predvsem najboljši skakalci. Praktični primeri najdaljših rekordnih poletov kažejo na nujno povečanje največjih letalnic na svetu. Za polete prek trenutnega najdaljšega poleta 254,5 m bi se morala v skladu s trenutnimi pravili FIS zgraditi letalnica velikosti najmanj HS 260 m. Na takšni letalnici bi bila točka sedanjega svetovnega rekorda 254,5 m locirana na varni del doskočišča, ne pa v spodnji prehodni lok letalnice. Poleti, daljši od 260 m, bodo zahtevali nov koncept razvoja letalnic in verjetno tudi zgraditev letalnice HS 300 m. Razvoj prihodnjega povečanja letalnic bo odvisen tudi od značilnosti tehnike smučarskega poleta, opreme skakalcev in predvsem njihove tehnične pripravljenosti. Oprema skakalcev se je skozi čas nenehno spreminjala in se še vedno izpopolnjuje. Zadnjih 30 let razvoj opreme namensko usmerja in nadzoruje Mednarodna smučarska zveza. Daljši ko bodo poleti na smučeh, večji vpliv bo imela pri tem oprema letalcev.

STVARNO KAZALO

aerodinamični indeks	60	nova lokacija	126
Albin Novšak	16	odskočna miza	23, 29, 38, 39, 45
Andreas Goldberger	22, 23, 24	Olaf Rye	10
Birger Ruud	13, 14	Peter Prevc	4, 28, 66, 71
Bjoern Einar Romören	27	Planica...13, 14, 15, 16, 18, 24, 27, 29, 36, 37	
Bogdan Norčič	18	pokrajina Telemark	13
dolžina izteka	23	povečanje letalnice	102
Domen Prevc ...4, 6, 7, 28, 60, 61, 63, 69, 84,		profil doskočišča	34, 51
104, 105, 116		profil letalnice	34, 36, 37, 50
Domen Prevc 254,5 m	116	Ragnar Omtvedt	11
Doskok Stefana Krafca	73	razvoj letalnice HS300m	35
doskok v telemark	80, 93, 94	Recknagel stil	17
Geometrijske značilnosti	92, 130	regresijska krivulja	46
Gregor Schlierenzauer ...7, 78, 79, 80, 82, 83,		Rožmanova skakalnica	13
84, 87, 91, 112		Rudi Finžgar	5, 16
Heini Klopfer	16	Ryoyu Kobayashi 252 m	90
Holmenkollen	10, 85	Ryoyu Kobayashi 291m	86
HS250m	104	Sepp Bradl	5, 14, 15, 16
iztek	10	Simon Ammann 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44,	
Jacob Tullin Thams	12	45, 46, 47, 48, 49, 50, 51	
Jan Boklöv	20, 21	Simon Ammann 233 m	38
Janez Gorišek	27, 53	simulacija poleta Simona Ammanna	50
Janne Ahonen 3, 4, 28, 29, 30, 31, 32, 34, 40,		smuči	10, 11, 17, 19, 21
43, 49		Sondre Nordheim	10
Janne Ahonen 280m	32	spodnji prehodni lok 47, 88, 94, 112, 120, 127	
Konsberger slog	12	Stanko Bloudek	5, 13, 14
kot letenja	38, 44, 50	Stefan Kraft	3, 4, 28, 72, 73, 76
krivulja leta	48	svetovni rekord	14, 16, 18, 20, 24, 27
krivulja leta Gregorja Schlierenzauerja	80	tehnika doskoka v globok počep	93
letalnica Vikersund	70, 73	tehnika globokega upogiba	11
letalnica bratov Gorišek	27, 75	tekmovalna serija	29, 37
letalnica Harrachov	18	telemark	10
letalnica HS225m	76	Telemark	10
letalnica HS240m	7, 76, 107, 126	Toni Nieminen	22
letalnica HS260m	89, 106	velikost letalnice	36, 45
letalnica HS280m	109	višina krivulje leta	38, 40, 45, 56
letalnica HS300m 3, 4, 7, 84, 85, 102, 110,		višina leta	29, 39, 41, 124
112, 113, 117, 118, 119, 120, 121, 122,		vpadni kot	41, 42
124, 126, 127		vpadni kot doskoka	63, 80, 84, 91
letalnica Kulmu	66	vpetost v naravni teren	8
letalnica Oberstdorf	68	V-tehnika	56
letalnica Vikersund	64	vzdolžni lok	92, 98, 119
Matti Nykänen	19	vzgonska termika	124
naklon doskočišča	23, 47	Walter Steiner	18
naravni teren	8, 87, 122, 123, 124	zaletna hitrost	23, 37

LITERATURA

Arndt, A., Bruggemann, P. G., Virnavirta, M. in Komi, P. (1995). Techniques Used by Olympic Ski Jumpers in the Transition From Takeoff to Early Flight. *Journal of Applied Biomechanics*, 11: 224–237.

Denoth, J. in Gerber, H. (2008). *Auswertung der Videoaufnahmen vom Weltcupspringen in Engelberg*. Honggerberg: Institut für Biomechanik. (<http://www.fis-ski.com/>)

Gasser, H. H. (2008). *Skisprungschanzen Bau-Normen 2008* (Ausführungsbestimmungen zu Art. 411 der IWO Band III – Juni 2008). Oberhofen: FIS. (<http://www.fis-ski.com/>)

Guček, A. (2012). *Planica, Joso Gorec in slovensko smučanje*. Ljubljana: Zavod za šport RS Planica.

Hildebrand, F., Drenk, V. in Müller, S. (2009). Stability during ski jumping flight phase. V E. Müller, S. Lindiger in T. Stöggl (ur.), *Science and Skiing IV (Proceedings book of the Fourth International Congress on Skiing and Science, St. Christoph a. Arlberg, Austria, December 19–20, 2008)* (str. 728–736). Maidenhead: Meyer & Meyer Sport. *International ski competition rules – Book III, Ski jumping*. (2008). Oberhofen: International Ski Federation.

Ito, S., Seo, Kazuya in Asai, T. (2009). An experimental study on ski jumping styles. V M. Estivalet in P. Brisson (ur.), *The Engineering of sport 7* (Vol. 2) (9–17). Paris: Springer Verlag.

Janura, M., Cabell, I., Svoboda, Z., Elfmark, M. in Zahalka, F. (2011). Kinematic analysis of the take-off and start of the early flight phase on a large hill (HS-134m) during the nordic world ski championships. *Journal of Human Kinetics*, 27, 5–16.

Jin, H., Shmizu, S., Watanuki, T., Kubota, H. in Kobayashi, K. (1995). Desirable gliding styles and techniques in Ski jumping. *Journal of Applied Biomechanics* 11, 460–474.

Jošt, B. (1994). Differences in some kinematic flight parameters between the classical and the new so called "V" technique in ski jumping. *Kinesiology – International Scientific Journal of Kinesiology and Sport*, 26 (1-2), 18–21.

Jošt, B. (2004). Planiške skakalnice na razpotju minljivega časa svoje slave. *Šport*, 52 (2), 5–12.

Jošt, B. (2010). Differences between better and worse ski jumpers regarding selected ski flying characteristics at the skiflying World championships 2010 in Planica. *Kinesiology Slovenica*, 16(3), 33–45.

Jošt, B. (2010). Geometrijske značilnosti postopnega razvoja profila letalnice do velikosti HS300m. Ljubljana: Fakulteta za šport.

Jošt, B. (2023). Ali je linearno vrednotenje vpliva vetra na dolžino skokov smučarjev skakalcev res ustrezno?. *Šport*, 71 (1/2), 207–214.

Jošt, B., Čoh, M., Čuk, I. in Vodičar, J. (2015). *Ekspertno modeliranje sistema priprave športnikov*. Ljubljana: Fakulteta za šport.

Jošt, B., Čoh, M., Pustovrh, J. in Ulaga, M. (1999). Analysis of the selected kinematic variables of the take-off in ski jumps in the finals of the World cup at Planica in 1999. *Kinesiologia Slovenica*, 5 (1-2), 17–25.

Jošt, B., Kugovnik, O., Strojnik, V. in Colja, I. (1997). Analysis of kinematic variables and their relation to the performance of ski jumpers at the World championship in ski flight at Planica in 1994. *Kinesiology – International Scientific Journal of Kinesiology and Sport*, 29 (1), 35–44.

Jošt, B., Kugovnik, O. in Čoh, M. (1998). Differences in selected kinematic flight parameters of the most and the least successful ski jumpers of the 1996 World cup competition in Innsbruck. *Biology of Sport*, 15 (4), 245–251.

Jošt, B., Supej, M. in Vodičar, J. (2022). *Developing take-off power in ski jumping*. Hamburg: Verlag Dr. Kovač.

Jošt, B., Ulaga, M. in Vodičar, J. (2013). *Kinematična analiza krivulje leta smučarjev skakalcev na finalu svetovnega pokala v Planici 2013*. Ljubljana: Fakulteta za šport.

Jošt, B. in Vodičar, J. (2019). *Development of the Ski jump hill profile from the viewpoint of ski jumping technique*. Hamburg: Verlag Dr. Kovač.

Jošt, B., Vodičar, J., Štuhec, S. in Vertič, R. (2009). *Kinematična analiza krivulje leta smučarjev skakalcev na finalu svetovnega pokala Planica 2009*. Ljubljana: Fakulteta za šport.

Luhtanen, P. (1995) Wind tunnel measurement in ski jumpers and simulation of the jumps – Thunder Bay, hill K 90. V Bauer, T. (ur.). *ISBS – Conference Proceeding Archive, 13 International Symposium on Biomechanics in Sport, Thunder Bay, Ontario, Canada July 1822, 1995* (str. 240–245). Konstanz, Nemčija: Society of Biomechanics in Sports.

Meile, W., Müller, W. in Reisenberger, E. (2008). Ski jumping aerodynamics: model experiments and CDF simulations. V H. Horstrud (ur.), *Sport Aerodynamics (Vol. 506)* (str. 183–216). Wien: Springer.

Müller, W. (1997). Biomechanics of ski-jumping-scientific jumping hill design. V E. Müller et al. (ur.), *Science and Skiing*. E & FN Spon, London, pp. 36–48.

Müller, W. (2008). Computer simulation of ski jumping based on wind tunnel data. V H. Horstrud (ur.), *Sport Aerodynamics (Vol. 506)* (str. 161–182). Wien: Springer.

Müller, W. in DeVaney, T. T. J. (1996). *The influence of body weight on skijumping performance*. V Haake (ur.). *The Engineering of Sport*, Balkema, Rotterdam, pp. 63–69.

- Murakami, M., Hirai, N., Seo, K. in Ohgi, Y. (2008). Aerodynamic study of ski jumping flight based on high-speed video image. V M. Estivalet in P. Brisson (ur.), *The Engineering of sport 7 (Vol. 1)* (str. 449–456). Paris: Springer Verlag.
- Nørstrud, H. in Øye, I. J. (2009). On CFD Simulation of Ski Jumping. V M. Peters (ur.), *Computational Fluid Dynamics for Sport Simulation* (str. 64–82). Berlin: Springer Verlag.
- Oggiano, L. in Saetran, L. (2009). Effects of Body Weight on Ski Jumping Performances under the New FIF Rules (P3). V M. Estivalet in P. Brisson (ur.), *The Engineering of sport 7 (Vol. 1)* (str. 1–9). Paris: Springer Verlag.
- Sasaki, T., Tsunoda, K., Hoshino, H. in Ono, M. (2001). Aerodynamic force during flight phase in ski jumping. V E. Müller, H. Schwameder, C. Raschner, S. Lindinger in E. Kornexl, E. (ur.), *Science and Skiing II (Proceedings book of the Second International Congress on Skiing and Science, St. Christoph a. Arlberg, Austria, January 9–15, 2000)* (str. 115–128). Hamburg: Dr. Kovač.
- Schmölzer, B. in Müller, W. (2002). The importance of being light: aerodynamic forces and weight in ski jumping. *Journal of Biomechanics* 35, 1059–1069.
- Schmolzer, B. in Müller, W. (2005). Individual flight styles in ski jumping: results obtained during Olympic Games competitions. *Journal of Biomechanics* 38, 1055–1065.
- Seo, K., Murakami, M. in Yoshida, K. (2004). Optimal flight technique for V – style ski jumping. *Sports Engineering* 7, 97–104.
- Seo, K., Watanabe, I. in Murakami, M. (2004). Aerodynamic force data for a V – style ski jumping flight. *Sports Engineering* 7, 31–39.
- Šlibar, J. (ur.), Giacomelli, O. in Guček, A. (2013). *Na krilih smučarskih letalcev*. Ljubljana: Schwarz print.
- Vaverka, F. (1987). *Biomechanika skoku na lyžich*. PA Olomouc.
- Več avtorjev (1999). *Planica 1934–1999*. Ljubljana: Društvo Proplanica.
- Virmavirta, M., Isolehto, J., Komi, P. V., Bruggemann, G. P., Muller, E. in Schwameder, H. (2005). Characteristics of the early flight phase in the Olympic ski jumping competition. *Journal of Biomechanics* 38, 2157–2163.
- Virmavirta, M., Kivekäs, J. in Komi, P. V. (2001). Take-off aerodynamics in ski jumping. *Journal of Biomechanics*, 34(4), 465–470.
- Virmavirta, M. in Komi, P. V. (1994). Takeoff analysis of a champion ski jumper. *Coaching and Sport Science Journal*, 1, (1): 23–27.

Watanabe, K. in Watanabe, I. (1993). Aerodynamics of ski jumping – effect of “V-style” to distance. V *Proceedings of the International Society of Biomechanics XIVth Congress* (str. 1452–1453). Paris: International Society of Biomechanics.

Žnidaršič, J. (ur.) in drugi. (1985). *Planica*. Ljubljana: ČGP Delo.