



Veðurstofa Íslands Greinargerð

Knútur Árnason

**Ferð til Sviss til að kynna aðferðum
til sjálfvirkra mælinga á snjósöfnun í
upptakasvæðum snjóflóða**

VÍ-G96027-ÚR25
Reykjavík
September 1996

FERÐ TIL SVISS TIL AÐ KYNNAST AÐFERÐUM TIL SJÁLFVIRKRA MÆLINGA Á SNJÓSÖFNUN Í UPPTAKASVÆÐUM SNJÓFLÓÐA

1. INNGANGUR

Dagana 10. til 12. júlí 1996 fór undirritaður til Davos í Sviss á fund sérfræðinga í snjóflóðum. Þar er snjóflóðarannsóknastöð sem heitir Institut für Schnee- und Lawinenforschung (SLF) og er ein virtasta stofnun heims á þessu sviði. Megintilgangur ferðarinnar var að kynna aðferðum til sjálfvirkra mælinga á snjósöfnun í upptakasvæðum snjóflóða í þeim tilgangi að sjá megi fyrir og gefa viðvörðun um yfirvofandi snjóflóðahættu.

Vegna skamms fyrirvara með dagsetningar og skipulagningu ferðarinnar og mikilla bókana í flugferðir til og frá Íslandi varð ferðin að hefjast mánudaginn 8.7. Þrátt fyrir að þá væri ljóst að starfsmenn SLF væru uppteknir á ráðstefnu þriðjudaginn 9.7. Við þessu varð ekki gert. Undirritaður notaði þriðjudaginn 9. til undirbúnings viðtala og skoðaði sig um í Davos og nágrenni. Til þess að njóta hagstæðari fargjalda var heimferð höfð á sunnudeginum 14.7. og var laugardagurinn 13.7. notaður til úrvinnslu og skipulagningar gagna og upplýsinga sem safnað var í ferðinni.

Sérstakur leiðsögumaður og hjálparhella í Sviss var Martin Zimmerli, sem er rafmagnsverkfræðingur og vinnur við snjóflóðaviðvörðunarkerfi sem SLF er að setja upp í Sviss.

Hér fer á eftir stutt greinargerð um ferðina. Raktar eru í grófum dráttum þær upplýsingar sem aflað var með viðtölum við svissneska sérfræðinga og þær ráðleggingar og tillögur sem þeir höfðu fram að færa.

2. TILHÖGUN FERÐAR Í TÍMARÖÐ

8.7. Lagt var af stað frá Keflavík kl 7:50 og flogið um London til Zürich. Síðan með lest til Davos og áfangastað náð kl 22:00.

9.7. Dagurinn notaður til undirbúnings viðtala og til að litast um í Davos og nágrenni.

10.7. 8:00 til 12:00. Viðtal við Tom Russi og Martin Zimmerli í höfuðstöðvum SLF í Davos um snjóflóðaviðvörðunarkerfi sem verið er að byggja upp í Sviss.

14:00 til 17:00. Viðtal við Dr. Hansueli Gubler um aðferðir við sjálfvirkar mælingar á snjódýpi til viðvörðunar snjóflóðahættu. Gubler er fyrrverandi starfsmaður SLF en rekur nú sjálfstætt fyrirtæki sem heitir AlpuG.

11.7. Heimsókn og viðtöl við menn í rannsóknarstöð SLF í Weissfluhjoch fyrir ofan Davos. Þar fékk undirritaður almenna kynningu á sögu og starfsemi SLF hjá Dr. Othmar Buser. Að því loknu kynnti Dr. Roland Meister snjóflóðaspá- og viðvörðunarþjónustu SLF. Þá kynnti Dr. Paul Föhn rannsóknir á snjóflóðaspám út frá athugunum á snjóþekju. Því næst var rætt allengi við Stefan Margreth um hönnun mannvirkja sem verða fyrir álagi í snjó (bæði skrið og flód). Loks var rætt við O. Buser um "næsta nágrenna" forrit sem hann hefur þróað til að meta snjóflóðahættu.

- 12.7. Skoðaðar voru sjálfvirkar stöðvar til mælinga á snjósöfnun. Fyrst var farið til þorpsins Disentis, sem er um 80 km VSV við Davos. Þar er gömul stöð sem sett var upp með finnskum tækjum (nema snjöhæðarmælarnir). Til stendur að skipta út tækjum þar í sumar og setja upp tæki samkvæmt nýjum stöðlum SLF. Því næst var ekið til Vallacia, um 30 km SV við Disentis. Þar er þorpið Airolo undir mjög brattri hlíð og mikið um snjóflóð. Þar var skoðuð ný sjálfvirk stöð og geysiumfangsmikil stöðvirki sem þar hefur verið komið fyrir.
- 13.7. Úrvinnsla upplýsinga sem safnað var í viðtölum og skoðunarferð.
- 14.7. Haldið heim til Íslands með lest frá Davos til Zürich kl 10:00. Flogið frá Zürich, um London, til Íslands og lent í Keflavík um 23:30.

3. SLF STOFNUNIN

SLF er hluti af stærri stofnun, sem á ensku nefnist Swiss Federal Institut for Forest, Snow and Landscape Research (WSL). WSL stofnunin er tengd og hefur sameiginlega stjórn með Tækniháskólanum í Zürich. SLF stofnunin er 60 ára gömul og þar starfa nú um 60 manns. Upphaf stofnunarinnar er rakið til jarðvegsfræðinga sem hófu athuganir á snjó. Í seinni heimsstyrjöld urðu mikil slys á hermönnum vegna snjóflóða og svissneski herinn beitti sér því fyrir rannsóknum á snjóflóðum. Á loknu stríði byggðust samgöngur mjög upp og ferðamannastraumur og fjallaferðir til skemmtunar jukust verulega. Hvort tveggja var háð snjóflóðum og kallaði á frekari rannsóknir á því sviði. SLF hefur nánast frá upphafi verið í sterkum tengslum við skógræktarstofnanir og er nú hluti af stærri stofnun ásamt með skógræktarrannsóknum.

Snjóflóðarannsóknir á SLF skiptast í tvær megindeildir:

Deild 1 (e. Snow Cower and Avalanche Formation) er undir stjórn Dr. Paul Föhn og fæst við rannsóknir á snjóþekju og á ástæðum og upptökum snjóflóða.

Deild-2 (e. Avalanche Dynamics and Structural Avalanche Control) er undir stjórn Dr. Bruno Salm og fæst við rannsóknir á hegðun og aflfræði snjóflóða og gerð snjóflóðavarnarvirkja.

Auk þessarar tveggja megin rannsóknardeilda er deild sem sér um **daglegar viðvaranir um snjóflóðahættu** (Avalanche Warning Service, LWD) undir stjórn Dr. Roland Meister. Þá er deild sem sér um **þróun og uppsetningu snjóflóðaviðvörðunarkerfa** (e. Avalance Warning Systems, LWS). Sú deild er undir stjórn Dr. Tom Russi og sér meðal annars um uppsetningu og rekstur sjálfvirkra mælistöðva sem mæla snjósöfnun og gera veðurathuganir. Loks er **tækni og þjónustudeild** undir stjórn Bruno Gauderon.

Starfsemi SLF fer fram á tveimur stöðum. Annarsvegar að Fluellastrasse 11 í Davos Dorf og hinsvegar í hinum eldri og þekktari hluta stofnunarinnar í Weissfluhjoch, sem er uppi í fjalli ofan við Davos í um 2760 m hæð yfir sjó.

Tilgangur ferðarinnar var að kynna sjálfvirkum mælingum á snjósöfnun og því var mest áhersla lögð á að kynna snjóflóðaviðvörðunarkerfjunum og viðvörðunarkerfum sem fyrir hendi eru á SLF.

3.1 LWD, snjóflóðaviðvörðunarbjónusta SLF

Eins og áður er fram komið sér LWD um daglegt mat á snjóflóðahættu. Að morgni hvers dags er, á grundvelli gagna vítt og breytt frá fjallasvæðum Sviss, gefið út fréttabréf ("bulletin"), sem er almenn spá eða mat á snjóflóðahættu á mismunandi svæðum. Staðbundnara hættumat á einstökum stöðum er gert af snjóflóðaathugunarmönnum. Nefnd heimamanna, þar sem yfirleitt eru, auk snjóflóðaathugunarmanns, fulltrúar frá sveitarstjórn, vegagerð og skógræktarsamtökum tekur síðan ákvarðanir um hvort lýsa skuli yfir hættuástandi, loka vegum o.s.frv.

Gögnin sem snjóflóðaviðvaranir eru byggðar á eru þrennskonar:

- 1 Fjöldi snjóathugunarmanna á snjóflóðahættusvæðum vítt og breitt um Sviss gerir athuganir á hverjum degi og sendir gögn til SLF. Þeir senda upplýsingar um veður, magn nýfallins snævar, lýsingu á yfirborði snævar, heildarsnjómagn, fjölda snjóflóða síðasta sólarhringinn og mat á snjóflóðahættu á þeirra athugunarsvæði.
- 2 Fjórða hvern dag grafa snjóathugunarmenn vítt og breitt um landið snjógryfjur til þess að fylgjast með þróun snjóþekjunnar (fjöldi snjógryfja er nokkuð minni en daglegra athugana). Hefðbundin snjógryfjugögn eru síðan send til SLF.
- 3 Net sjálfvirkra veður- og snjóathugunarstöðva gefur reglulega (á hálf tíma fresti) upplýsingar um veður og snjómagn víðsvegar um fjallahéruð Sviss. Um er að ræða tvennskonar net. Annarsvegar eru veður- og snjómælistöðvar sem settar hafa verið up og reknar eru af Svissnesku Veðurstofunni (ENET), alls 11 stöðvar vítt og breitt um suður Sviss. Hinsvegar er net sem SLF er að byggja upp og nefnt er á þýsku Interkantonales Mess- und Informationssystem für die Lawinenwarnung (IMIS). Þegar hafa verið settar up 17 stöðvar en nú er hafin veruleg frekari uppbygging þessa nets. Gert er ráð fyrir að bæta yfir 50 stöðvum við IMIS-netið á árunum 1996 til 1999, þar af um 12 á þessu ári. Alls er því gert ráð fyrir um 70 sjálfvirkum mælistöðvum í IMIS-netinu þegar það verður komið upp að fullu.

Á grundvelli ofantalinna gagna er snjóflóðahætta metin. Hættumatið er að hluta til huglægt, byggt á reynslu snjóathugunarmanna og sérfræðinga á SLF, en einnig er beitt tvennskonar hlutlægum tölfræðilegum aðferðum. Annars vegar er aðferð sem metur líkindi á snjóflóðum út frá heildarsnjómagni (massa) og þykkt (sigi) snjóþekjunnar. Þessi aðferð var þróuð af Dr. Roland Meister og byggir á tölfræðilegum upplýsingum. Hins vegar er aðferð þróuð af Dr. Othmar Buser, sem kölluð er næstu nággranna aðferð. Hún byggir á því að athuganir á hverjum stað eru bornar saman við skráðar athuganir og atburði í gagnasafni. Fundnar eru þær fyrri aðstæður sem líkjast mest núverandi aðstæðum og úr gagnasafninu fást síðan upplýsingar um hvort snjóflóð hafi fallið.

Snjóflóðahættumat er eins og áður segir birt daglega í fréttabréfi, sem sent er til sveitarstjórna, vegagerðar, ferðamannastaða, hótela og víðar. Einnig er hægt að hringja til SLF of fá hættumatið á símbréfi.

3.2 LWS, snjóflóðaviðvörðunarkerfi á SLF

LWS sér um þróun, uppsetningu og rekstur snjóflóðaviðvörðunarkerfis í Sviss, sem notað er af viðvörðunardeildinni (LWD). Mynd-1 sýnir stöðu LWS innan SLF, en þar sést að LWS fæst við þróun og uppsetningu kerfa sem byggja á grunnrannsóknnum deilda 1 og 2.

Starfsmenn á LWS eru 7 talsins.

Mynd-2 sýnir yfirlit yfir verkefni LWS og hvernig þau tengjast ferli frá gagnasöfnun og vörslu, í gegnum greiningu og spálíkön til mats á hættuástandi og loks til miðlunar niðurstaðna til hagsmunaaðila.

Eitt af verkefnum LWS er að sjá um frekari uppbyggingu og rekstur IMIS kerfisins. Í því verkefni voru gerðar tilraunir með mælitæki og á grundvelli þeirra voru teknar ákvarðanir um hverskonar tækjum sjálfvirku stöðvarnar skyldu búnar og hvaða kröfur skyldu gerðar til þeirra. Uppsetning stöðvanna var síðan boðin út snemma árs 1996. Eins og áður er komið fram er gert ráð fyrir að bæta a.m.k. 50 sjálfvirkum stöðvum við kerfið og þar af um 12 á þessu ári. Að loknu útboði var fyrirtækið AlpuG í eigu Dr. Hansueli Gubler valið sem verktaki.

LWS vinnur að öðru gagnasöfnunarverkefni, sem snýst um sjálfvirka skráningu snjóflóða. Verkefnið miðar að því að hægt verði að gefa viðvörðun þegar snjóflóð fara af stað. Ennfremur hefur það þann tilgang að bæta skráningu snjóflóða, en ónóg og stopul skráning flóða er takmarkandi þegar meta á áreiðanleika snjóflóðaspáa.

Auk ofanefndra verkefna við gagnasöfnunarkerfi vinnur LWS að uppbyggingu gagnagrunns um snjóflóð, ennfremur að þróun líkana til að spá fyrir um snjóflóð og kerfis til að miðla upplýsingum til þeirra sem hagsmuna eiga að gæta.

4. SJÁLFVIRKAR VEÐUR- OG SNJÓMÆLISTÖÐVAR Í IMIS NETINU

Eins og áður sagði sá LWS um að skilgreina og gera kröfulýsingu fyrir sjálfvirku veður- og snjósmælistöðvarnar. Uppsetning stöðvanna var síðan boðin út með nákvæmum upplýsingum þær kröfur sem stöðvarnar þurfa að uppfylla. Í viðauka I er að finna þann hluta útboðsgagna sem skilgreinir þær kröfur sem gerðar eru til stöðvanna. Val á einstökum tækjum og útfærsla smáatriða voru eftirlátin þeim sem í verkið buðu. LWS sér, í samvinnu við fulltrúa sveitarfélaga, um val á mælistöðum, en sveitarfélög greiða um 10% af stofnkostnaði.

Eins og fram kemur í viðauka I skal veðurstöð mæla lofthita, rakastig (afstætt), meðalvindstyrk og stefnu, allt meðaltöl yfir 30 mín tímabil, og mesta vindstyrk á hverju 30 mín tímabili.

Snjósmælistöð skal mæla snjódýpi á 30 mín. fresti með 3 cm vikmörkum, og 30 mín meðaltöl af yfirborðshita snjóþekjunnar, heildarorkugeislun frá yfirborði snævarins, hitastig í yfirborði jarðar og í snjónum í 25, 50 og 100 cm hæð yfir jörðu auk lofthita og loft-raka.

Hver mælistöð (veður- og snjóstöð) skal vera sjálfri sér næg um orku með rafgeymum sem hlaðnir eru af sólarorkunemum. Mæligögnum skal komið til byggða með fjarskiptasambandi. Að jafnaði er gert ráð fyrir að veður- og snjósmælistöðvar hafi sjálfstæðan gagnasöfnunar- og fjarskiptabúnað. Í námunda við hvern mælistað skal vera tengistöð (e. relay station), sem sér um samskiptin við mælistöðvarnar, þannig að seinna sé hægt að bæta við fleiri mælistöðvum án þess að endurskipuleggja samskiptin. Tengistöðin kemur síðan mæligögnum inn á símkerfið og þannig til staðbundinna notenda og til höfuðstöðvanna í SLF. Mynd-3 sýnir einfaldaða mynd af mælistöð og gagnaflutningsleiðum.

Eins og áður segir sjá menn frá SLF um að velja mælistöðvum stað í samvinnu við

heimamenn. Veðurathugunarstöð er yfirleitt komið fyrir uppi á fjallshryggjum eða hnúkum, en snjómælistöð (stöðvum) er komið fyrir á til þess að gera skjólsælum stað (stöðum) nokkru neðar. Fyrir snjómælistöðvar er reynt að finna nokkurn veginn láréttan blett sem talinn er nokkuð dæmigerður fyrir snjósöfnun. Snjómælistöðvum er ekki valinn staður í miklum bratta því að til að standast álag vegna snjóskiðs, hnigs og hugsanlega snjóflóða þarf geysiöflug mannvirki.

4.1 Uppsetning IMIS stöðvanna

Uppsetning IMIS stöðvanna var boðin út og átti fyrirtækið AlpuG í eigu Dr. Hansueli Gublers hagstæðasta boðið.

Í viðauka II er að finna lýsingu á tæknilegri útfærslu AlpuG á sjálfvirku stöðvunum og mynd-4 sýnir einfaldaða mynd af mælistöð (veður- eða snjóstöð). Mælitækjum er komið fyrir á 6 m háum möstrum úr "galvaniseruðu" stáli. Möstrunum er komið fyrir á undirstöðu sem fest er með þremur ankerum sem boruð eru um 3 m niður í jörðina og eru möstrin hönnuð fyrir mest vægi við jörðu um 35 kNm.

Nemum er komið fyrir á slám sem festar eru á grind. Grindin er síðan fest ofarlega í mastrið þannig að hana má færa í heild upp eða niður eftir mastrinu. Gagnasöfnunar- og farskiptabúnaði og rafgeymi (50 Ah og hlaðinn er með sólarorkunema) er komið fyrir í vatnspéttum kassa sem festur er við áðurnefnda grind. Með því móti er öllum búnaði haldið ofan snævar þannig að hann sé aðgengilegur að vetrarlagi. Upp úr grindinni með mælibúnaðinum stendur eldingavari og er mastrið jarðtengt með þremur 10 m löngum leiðurum sem grafnir eru niður út frá mastrinu. Öll rafeindatæki eru varin gegn háspennupólsum.

Hver stöð er búin CR10 gagnasöfnunartæki frá Campbell, mótaldi og Motorola örbylgjutalstöð. Í gegnum tengstöð í byggð er hægt að kalla á stöðvarnar og sækja gögn, fá upplýsingar um ástand mælitækja og afl rafgeima. Ennfremur er með fjarskiptasambandi hægt að lagfæra og breyta hugbúnaði í gagnasöfnunartækinu. Um nánari tæknilegar upplýsingar má lesa í viðauka II. Heildarkostnaður við hverja mælistöð í IMIS netinu (veðurathugunarstöð, snjómælistöð og tengistöð í byggð) er á bilinu 70.000 til 80.000 svissneskir Frankar.

Nýlega uppsett stöð af þeirri gerð sem hér er lýst var skoðuð í ferðinni og var frágangur og handverk allt hið vandaðasta og til fyrmyndar. Í snjómaælistöðinni voru tveir hátíðnihljóðsendu rkastsnemar af gerðinni SR50 frá Campbell, annar í um 4 m hæð og hinn í um 6 m hæð. Svartmáluðum hlífðarskermum hafði verið komið fyrir neðst á nemunum til að verja þá skafrenningi. Hansueli Gubler sagði að yfirleitt gæfi efri neminn betri mælingar en sá neðri.

5. VIÐTÖL VIÐ SÉRFRÆÐINGA UM SNJÓMÆLISTÖÐVAR Á ÍSLANDI

Aðstæður til notkunar á snjómælingum til viðvörunar við snjóflóðum eru nokkuð aðrar hér á landi en í Sviss. Meginmunurinn liggur í því að veður eru hér harðari. Í Sviss snjóar meira jafnt og þétt yfir veturinn og tilflutningur snævar með skafrenningi er mun minni en hérlendis. Þetta hefur í för með sér að í Sviss er yfirleitt hægt að finna tiltölulega skjólsæla staði, þar sem land er nokkuð flatt, sem eru dæmigerðir með tilliti til snjósöfnunar í upptakasvæðum snjóflóða. Með því að velja slíka staði þarf ekki að

byggja eins öflug mannvirki til að koma mælitækjum fyrir.

Hérlendis skapast snjóflóðahætta einkum í mjög vondum veðrum. Þá skefur snjó oft af stórum svæðum niður í upptakasvæði snjóflóða. Snjósöfnun getur því verið geysi ör og staðbundin í upptakasvæðunum. Þetta hefur í för með sér að ábyggilegar upplýsingar um hættulega snjósöfnun er einungis að fá í upptakasvæðunum, eða í allra næsta nágrenni þeirra. Til þess að gera mælingar sem marktækar eru upp á snjóflóðahættu þarf því að koma mælitækjum fyrir í eða mjög nærri sjálfum upptakasvæðunum. Þetta gerir verulega meiri kröfur til mælibúnaðar og þó einkum mannvirkja til að koma honum fyrir, en fyrir hendi eru í Sviss. Hér er yfirleitt ekki hægt að velja láréttan stað til þess að koma mælitækjunum fyrir, heldur þarf að koma þeim fyrir í miklum bratta þar sem snjór er mikill. Vegna skriðs og hnigs snjóþekjunnar og hugsanlegra snjóflóða verður gífurlegt álag á öll mannvirki sem standa þurfa upp í gegnum snjóþekjuna.

Mildari veður í Sviss gera áreiðanleika og rekstraröryggi mælinganna meira en reikna má með hérlendis. Í IMIS stöðvunum eru einungis notaðir hátíðnihljóðsendurkastsnemar til sjálfvirkra mælinga á snjóþykkt. Vegna harðari veðra hérlendis og eins út frá reynslu af slíkum nemum hérlendis verður að teljast líklegt að erfitt verði að ná nægilegu öryggi einungis með slíkum nemum. Æskilegt væri að beita fleiri aðferðum samtímis til að auka áreiðanleikann. Þar koma ýmsir möguleikar til greina, bæði mælitæki sem komið er fyrir upp í gegnum og fyrir ofan snjóþekjuna og eins aðferðir sem "horfa" neðanfrá og upp til yfirborðs.

Með hliðsjón af því sem rakið er hér að framan var leitað áhlits sérfræðinga í Sviss á eftirfarandi atriðum:

- 1 Hvaða aðferðir aðrar en endurkast hátíðnihljóðs er skynsamlegt að reyna? Er skynsamlegra og jafnvel ódýrara að einbeita sér að aðferðum með niðurgröfnum tækjum sem horfa til yfirborðs?
- 2 Er raunhæft eða skynsamlegt að byggja mannvirki sem standa upp í gegnum snjóþekjuna í miklum bratta og snjó?

5.1 Spurning 1: Aðferðir

Þessi spurning var mikið rædd bæði við Tom Russi og Martin Zimmerli hjá SLF/LWS og við Hansueli Gubler hjá AlpuG. Þeir voru allir sammála því að við íslenskar aðstæður gæti þurft að auka áreiðanleikann með því að beita fleiri aðferðum en einungis endurkasti hátíðnihljóðs.

Allir hafa þeir reynslu á þessu sviði og þá einkum Hansueli Gubler sem hefur ártuga reynslu af vandamálum sem þessum og yfirburðabekkingu. Farið var skipulega í gegnum hugsanlegar aðferðir sem byggja á mismunandi eðlisfræðilegum eiginleikum snævar og getið um reynslu af þeim aðferðum sem vitað var til að hefðu verið reyndar. Of langt mál væri að gera grein fyrir þeim öllum í smáatriðum og því verður hér stiklað á stóru.

5.1.1 Hljóðburðareiginleikar

Einn flokkur aðferða byggir á því að hljóðburðareiginleikar snævar eru mjög frábrugðnir andrúmslofti. Hátíðnihljóð endurkastast vel frá yfirborði snævarins og á því byggist hin hefðbundna endurkastaðferð. Hátíðnihljóð deyfist mikið í snjó (um og yfir 100 dB/m). Þetta má nota með því að hafa röð af hljóðnemunum á súlu upp í gegnum snjóþekjuna. Með því að hafa hljóðgjafa ofan snjóþekjunnar og nema hljóðið með hljóðnemunum má fá

upplýsingar um yfirborð snævarins. Annað afbrigði af þessari aðferð er að sleppa hljóðgjafanum og hlusta á vindgnauð. Þetta hefur verið gert, reyndar ekki til að meta snjóþykkt, heldur til að meta skafrenning. Þá eru hljóðnemar festir við stutt stálrör og hlustað á hvernig snjókom í renningnum klingja í rörunum. Fyrirsjáanlegt vandamál við þessar aðferðir er ísing og hrím á nemum. Hugsanlega má minnka það með því annaðhvort að skýla nemunum með himnu sem getur skolfið í vindi og brotið af sér ísinguna, eða þá að festa hljóðnema við himnuna. Tilbrigði við þetta, reyndar ekki tengt hljóðburði væri að festa segul á himnu sem léti segulinn sveiflast í vindi og spana suð í lítilli spólu. Annað vandamál við að nema hljóð er hljóðeinangrun því hljóð berst eftir súlunni sem nemarnir eru festir á.

5.1.2 Ljóseiginleikar

Sýnilegt ljós dreifist mikið í snjó. Þetta mætti nota á þann hátt að hafa ljósgjafa og ljósnema á súlu upp í gegnum snjóþekjuna. Nemar sem komnir eru á kaf í snjó munu þá nema mun minna ljós en þeir sem eru ofan snævar. Útfærsla á þessu hefur verið reynd í Japan, þar sem vöndur af ljósleiðurum, sem enda í mismunandi hæð, var festur á súlu og ljósgjafa komið fyrir efst á súlunni. Þetta gafst ekki nógu vel því ísing og hrím truflaði mælingarnar og reyndar er nokkuð ljóst að ljósfræðilegar aðferðir munu verða verulega truflaðar af miklum skafrenningi.

5.1.3 Raffræðilegir eiginleikar

Ýmsa raffræðilega eiginleika snævar má nota til að mæla snjóþykkt. Hugsanlega má meta snjódýpi með leiðnimælingu. Þó að snjór hafi litla rafleiðni ($10^{-8} - 10^{-6}$ S/m) er hún mikil borið saman við andrúmsloft. Það er hinsvegar mjög erfitt að koma leiðnimælum fyrir þannig að breytileg leiðni eftir öðrum leiðum en snjónum trufla ekki mælingarnar. Hugsanlega má nota rafsvörunareiginleika á þann hátt að mæla mismunandi rýmd í þéttum eftir því hvort þeir eru í snjó eða lofti. Afstæður rafsvörunarstuðull (e. relative dielectric permittivity) snævar er um 12 til 20 við lága tíðni, en minnkar með tíðni og er um 1.5 til 1.8 við mjög háa tíðni. Vandamál við rýmdarmælingar eru að mjög erfitt að er greina hvort rýmdarbreyting er vegna ísingar eða hvort neminn er kominn á kaf í snjó. Einnig getur bleyta á nemanum algerlega yfirskyggt önnur áhrif því afstæður rafsvörunarstuðull fyrir vatn (um 80) er miklu hærra en fyrir snjó.

Ein aðferð sem byggir á raffræðilegum eiginleikum snævar er að nota endurkast rafsegulbylgna í snjóþekjunni. Dr. Hansueli Gubler hefur byggt radar, sem grafinn er niður í yfirborð jarðar og sendir rafsegulbylgjur upp í gegnum snjóþekjuna. Hann nemur endurköst frá lögum í snjónum og yfirborði snævarins. Sá radar sem Gubler byggði vinnur á tíðnibílinu 4-8 GHz. Hann notar svo háa tíðni til að fá upplausn upp á 3-4 cm, en því fylgir það vandamál að gleypni vatns er mikil á þessu tíðnibili. Gleypni vatns er mest kringum um 10 GHz, en minnkar þar fyrir neðan. Hún er samt enn mikil við 4 GHz og til samanburðar má geta þess að heimilisörbylgjuofnar vinna yfirleitt við 2.45 GHz. Þetta hefur það í för með sér að ef snjórinn inniheldur vötn verður hann mjög illa gegnsær við svo háar tíðni. Radar Gublers hefur gefið góða raun í þurrum snjó, en reinslan er lakari í mjög blautum snjó. Slíkir radarar eru nú í notkun á tveimur stöðum í Sviss og einum í Austurríki. Mynd-5 sýnir radar og hvernig honum er komið fyrir

Eðlisfræðilega séð er lítið því til fyrirstöðu að byggja radar sem vinnur á lægri tíðni. Því fylgja hinsvegar nokkur tæknileg vandamál. Dr. Gubler hefur kannað möguleika á að lækka tíðni þess radars sem hann hefur byggt og komist að því að hægt muni vera að lækka tíðnibilið sem hann vinnur á úr 4-8 GHz og niður í 2-4 GHz. Ef lækka eigi tíðnina

meira þyrfti að breyta hönnuninni frá grunni. Með því að lækka tíðnina sem þessu nemur mundi drægni radarsins þrefaldast í blautum snjó (úr um 1.5 m í um 4.5 m í snjó með rúmmálshlutfall vatns um 1%).

5.1.4 Varmaleiðnieiginleikar

Varmaleiðni í snjó er mjög lítil. Þetta má nota til að meta snjódýpi, því að hitabreytinga í lofti gætir mun seinna og minna í snjóþekjunni. Með því að koma fyrir röð af hitanemum á súlu upp í gegnum snjóþekjuna og mæla hitastig má, ef hitabreytingar verða í loftinu, sjá hvar yfirborð snævarins er. Þessi aðferð er notuð erlendis m.a. í IMIS stöðvunum, reyndar ekki til að ákvarða snjóþykkt heldur til að mæla hitastig í snjóþekjunni í mismunandi hæð yfir jörðu í þeim tilgangi að meta breytingar sem verða í þekjunni með tíma.

Hitamælingar til að meta snjódýpi hafa þann kost að þær eru til þess að gera einfaldar. Reyndar er vandamál að erfitt er að koma í veg fyrir varmaleiðni eftir festingum hitanemanna, en það þarf þó ekki að koma svo mikið að sök ef einungis er verið að skoða breytingar, en ekki raunverulegt hitastig. Þessi aðferð hefur þann augljósa ókost að hún gefur aðeins upplýsingar ef lofthitinn breytist og getur því svarað mjög seint við breytt snjódýpi. Dr. Gubler stakk upp á að hita loftið umhverfis hitanemana örlítið með rafstraum í gegnum viðnám. Kæling yrði þá mun örari ofan snjóyfirborðsins en í snjónum. Ísing getur fyrirsjáanlega orðið vandamál við þessa aðferð, eins og margar aðrar.

5.1.5 Geislavirkniáðferðir

Þykkt og þéttleika snjóþekjunnar má mæla með geislavirkniáðferðum. Þar koma einkum tvær áðferðir til greina. Í annarri þeirra er höfð uppspretta hraðfara nifteinda. Nifteindirnar rekast á róteindir vatnssameindanna í snjónum og tapa við það orku og komast í varmajafnvægi við róteindirnar. Með því að nema fjölda nifteinda í varmajafnvægi fást upplýsingar um þéttleika róteinda í vatni (þ.e. vatnsmagn) umhverfis uppsrettuna. Í hinn áðferðinni er notuð uppsretta gammageisla. Gammageislarnir víxlverka við rafendur bundnar í efni kringum uppsrettuna. Með því að nema gammageislun umhverfis uppsrettuna má ákvarða hversu mikil víxlverkunin hefur verið við rafendur og þar með þéttleika rafeinda (eðlisþyngd) umhverfis uppsrettuna. Þessar áðferðir hafa verið reyndar erlendis og gefið góðar niðurstöður, en þeim er nú ekki beitt lengur vegna strangra takmarkana á notkun geislavirkra efna.

Ofantaldar geislavirkniáðferðir eru notaðar reglulega hérlendis til að mæla vatnsinnihald og eðlisþyngd bergs umhverfis borholur. Þá eru uppspretta og nemi höfð með nokkru millibili í stöng ("próbu") sem látin er síga niður í borholuna. Vel má hugsa sér að draga slíka mælipróbu upp og niður í lokuðu röri upp í gegnum snjóþekjuna. Eins má hugsa sér að hafa uppsprettu við yfirborð jarðar og nema geislunina fyrir ofan snjóþekjuna. Með því móti mætti fá upplýsingar um heildarmagn snævar milli uppsrettu og nema.

5.1.6 Þyngdarsvið

Fræðilega séð er mögulegt að mæla heildarsnjómagn á yfirborði með því að mæla þyngdarsviðið undir snjóþekjunni. Massi snævarins ofan yfirborðs jarðar veldur lækkun í þyngdarsviðinu. Breytingin er hinsvegar mjög lítil, eða einungis um 12 μgal (1 gal = 1 cm/s²) fyrir hvern metra af snjó með eðlisþyngdina 300 g/cm³. Þessar breytingar er of litlar til þess að gerlegt sé að mæla þær með nægilegri nákvæmni og viðráðanlegum kostnaði.

5.2 Spurning 2: Mælimöstur

Til að koma fyrir mælitækjum sem standa þurfa upp í gegnum snjóþekjuna þarf að byggja möstur sem þau verða fest á. Vandamál tengd byggingu mælismastra í miklum halla og snjó voru rædd all ýtarlega við Stefan Margreth, sem er sérfræðingur á SLF í hönnun mannvirkja með tilliti til álags í snjó. Hann gerði grein fyrir þeim kröftum, sem á slíkt mastur verka. Þeir eru auk vindálags einkum af þrennum toga: Vegna skriðs (hæg hreyfing snjóþekjunnar allrar miðað við jörðu), vegna hnigs (hægt innbyrðis hnig snjóþekjunnar, án þess að neðsta lag hennar skriði á yfirborði) og loks vegna hugsanlegra snjóflóða. Stefan lét í té skriflegar upplýsingar með útreikningum á álaginu og eins grein eftir sérfræðinga á NGI (Norwegian Geotechnical Institute) um tilraunir með álag á möstur í bratta og miklum snjó.

Í þessum gögnum kemur fram að álag vegna hnigs er algengara en vegna skriðs og er geysi mikið. Gera verður ráð fyrir að í 4 m djúpum snjó í 35° halla verði þetta álag að jafnaði á bilinu 50 til 60 kN/m sem svarar til heildarvægis neðst í mastrinu upp á 400 til 500 kNm (samsvarandi tölur fyrir 6 m snjódýpi eru 80-100 kN/m álag og heildarvægi 1400-1600 kNm). Fram kom að lögum mastursins skiptir ekki miklu máli í þessu sambandi. Álag vegna snjóflóða er breytilegt eftir hraða og þéttleika flóðs. Samkvæmt þeim formúlum sem Stefan lét í té má gera ráð fyrir að álag vegna flóðs verði einhverjir tugir kN/m þrátt fyrir að mastrið standi það ofarlega að hraði flóðsins sé lítill.

Ennfremur kom fram að ef einhverjar slár eða stangir sem standa úr frá mastirnu og fara á kaf í snjó, þá verða þær fyrir miklu álagi vegna sigs snjóþekjunnar. Því er mikilvægt, ef koma þarf mælitækjum fyrir á nærri láréttum slám úr frá mastrinu, að þær sé annaðhvort ofan snævar, eða mjög sterkar.

Stefan Margreth sagði að möstur sem koma þarf fyrir í miklum bratta og snjó þurfi að vera mjög sterk og verði þar með dýr. Þetta er ástæða þess að í Sviss er snjómælistöðvum valinn staður á nærri láréttum stöðum því að þar er álagið margfalt minna. Hann taldi að áður en lagt yrði í mikinn kostnað við hönnun og uppsetningu mastra væri rétt að gera tilraunir með hvaða mælibúnaður hentar best og hvernig honum sé best komið fyrir. Þannig sé hægt að komast hjá dýrum mistökum.

6. NIÐURSTÖÐUR VIÐRÆÐNA VIÐ SVISSNESKA SÉRFRÆÐING

Þeir sérfræðingar í Sviss sem rætt var við gerðu sér grein fyrir því að þær aðstæður sem leiða til snjóflóðahættu og aðstæður til sjálfvirkar mælinga á snjósöfnun eru nokkuð aðrar á Íslandi en í Sviss.

Þeir voru sammála undirrituðum um að óvarlegt væri að treysta eingöngu á hina hefðbundnu endurkastaðferð hátíðnihljóðs við íslenskar aðstæður. Þeir töldu rétt að reyna fleiri aðferðir, sem ásamt með endurkastaðferðinni gætu aukið rekstraröryggið. Þeir sýndu mikinn áhuga á að fá að fylgjast með slíkum tilraunum. Þeir nefndu einnig möguleika á að beita tölfræðilegum aðferðum á niðurstöður endurkastmælinga hátíðnihljóðs til að gera þær ábyggilegri og lýstu áhuga á samstarfi á því sviði.

Þeir voru sammála undirrituðum um að rétt væri að reyna tiltölulega einfaldar og ódýrar aðferðir. Þeir töldu fýsilegt að reyna hljóðfræðilegar aðferðir, annað hvort með hljóðgjafa ofan snjóþekjunnar, eða þá að nema vindgnaud. Einnig töldu þeir fýsilegt að reyna þéttar hitamælingar upp í gegnum snjóþekjuna og hugsanlega hita nemana örlítið og mæla hversu

ört þeir kólna til að fá upplýsingar þegar lofthiti breytist ekki.

Þeir voru sammála um það að ekki væri rétt að leggja í mikinn kostnað við hönnun mælismastra í smáatriðum og uppsetningu fyrr en ljóst er hvaða mælitæki verði notuð og hvernig þeim verður best komið fyrir. Þeir töldu hinsvegar að samhliða tilraunum með mælitæki væri æskilegt að gera tilraunir sem miða að því að afla upplýsinga sem auðvelda hönnun mastra.

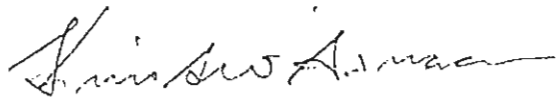
Svissnesku sérfræðingarnir töldu að vegna erfiðra aðstæðna við að koma mælitækjum fyrir við upptakasvæði hérlendis væri rétt að kanna ýtarlega möguleika á að nota radara sem grafnir eru niður. Þó að þeir séu dýrari en mælitæki sem komið er fyrir í möstrum kann það samt að reynast ódýrari lausn vegna mikils kostnaðar við uppsetningu og viðhald mastranna. Niðurgrafnir radarar eru vel varðir fyrir álagi og þeim má koma fyrir beint í líklegustu upptakastöðunum. Þá má síðan tengja með kapli við tiltölulega ódýr fjarskiptamöstur eða veðurathuganarstöðvar á hentugum stöðum.

Eins og fram hefur komið hefur Hansueli Gubler smíðað slíka radara sem vinna á tíðnisviðinu 4-8 GHz og á tvo slíka á lager. Hann bauðst til að leigja Veðurstofunni slíkan radar næsta vetur fyrir um 6.000 svissneska franka (SFR). Hann mundi koma sjálfur og setja radarinn upp og taldi hann að það mundi kosta aðra 6.000 SFR. Dr. Gubler hefur gert frumathugun á möguleikum á breytingum á radarnum í þá veru að lækka vinnutíðni hans og auka þar með drægnina í blautum snjó. Hann taldi hinsvegar rétt að reyna radarinn óbreyttan áður en tekin yrði ákvörðun um að leggja í vinnu og kostnað við að breyta honum.

Undirritaður sagði svissnesku sérfræðingunum frá þeirri þróunarvinnu sem verið er að vinna af íssjármönnum við Raunvísindastofnun Háskólans (RH). Þeir eru að vinna að hönnun og smíði radars sem vinnur á tíðnibilinu 0.7-1.8 GHz og hafa þegar sett saman prufueintak sem þeir eru að reyna. Veðurstofa Íslands hefur verið í sambandi við RH og hafa báðir aðilar sýnt áhuga á samstarfi um mögulega á þróun og notkun þessa radars til mælinga á snjósöfnun í upptakasvæðum snjóflóða. Svissnesku sérfræðingarnir hvött eindregið til þessa samstarfs og sýndu áhuga á að fá að fylgjast með árangri þess.

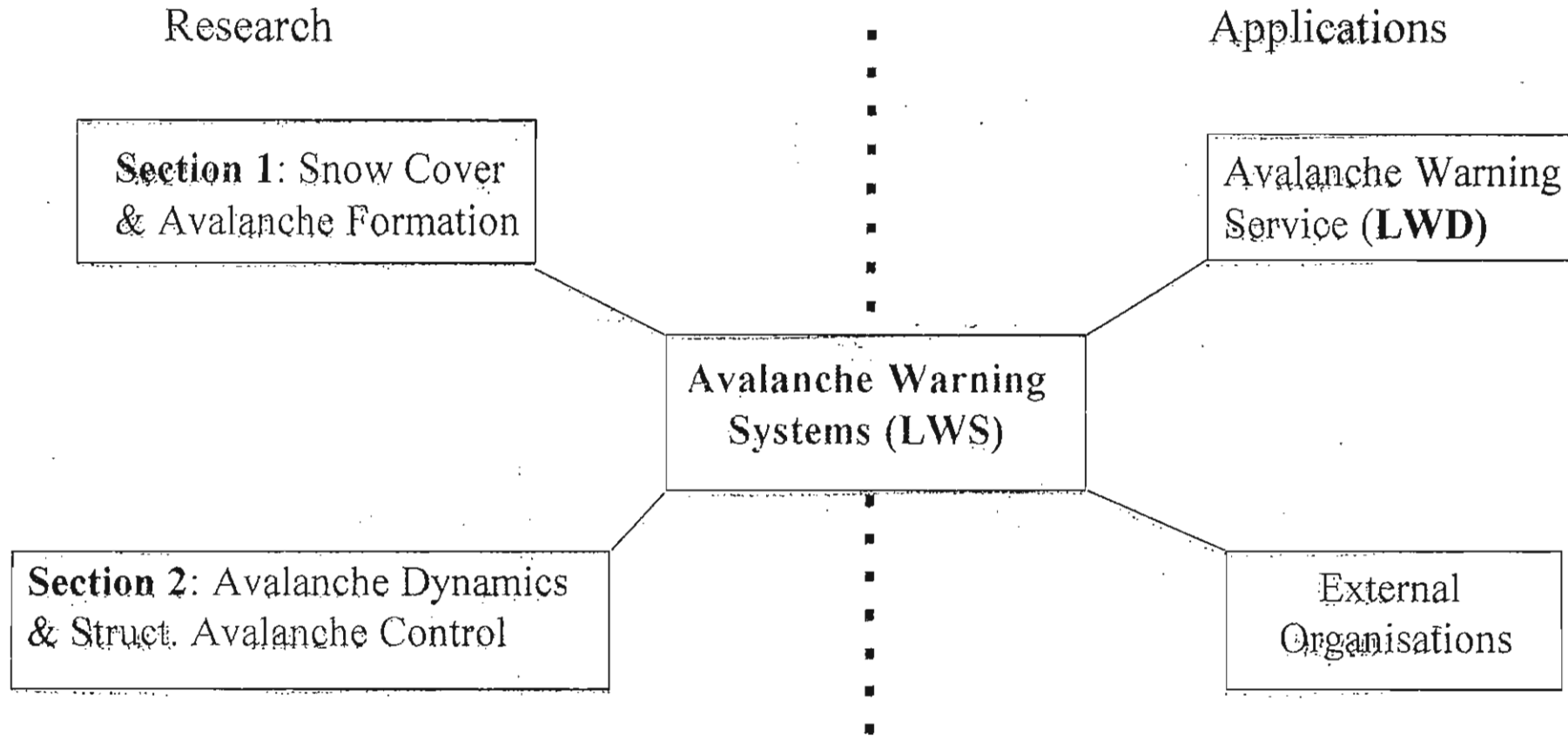
Svissnesku sérfræðingarnir sýndu mikinn áhuga á að fá að fylgjast með þróun og uppbyggingu snjódýptarmælinga hérlendis og listu sig reiðubúna til að aðstoða við það verk, t.d. með því að lát í té þekkingu og hugbúnað til úrvinnslu og skoðunar gagna og gagnavörslu. Þei töldu enn fremur að margir möguleikar væru opnir til samstarfs á þessu sviði.

Reykjavík 23. 7. 1996



Knútur Árnason
Veðurstofu Íslands

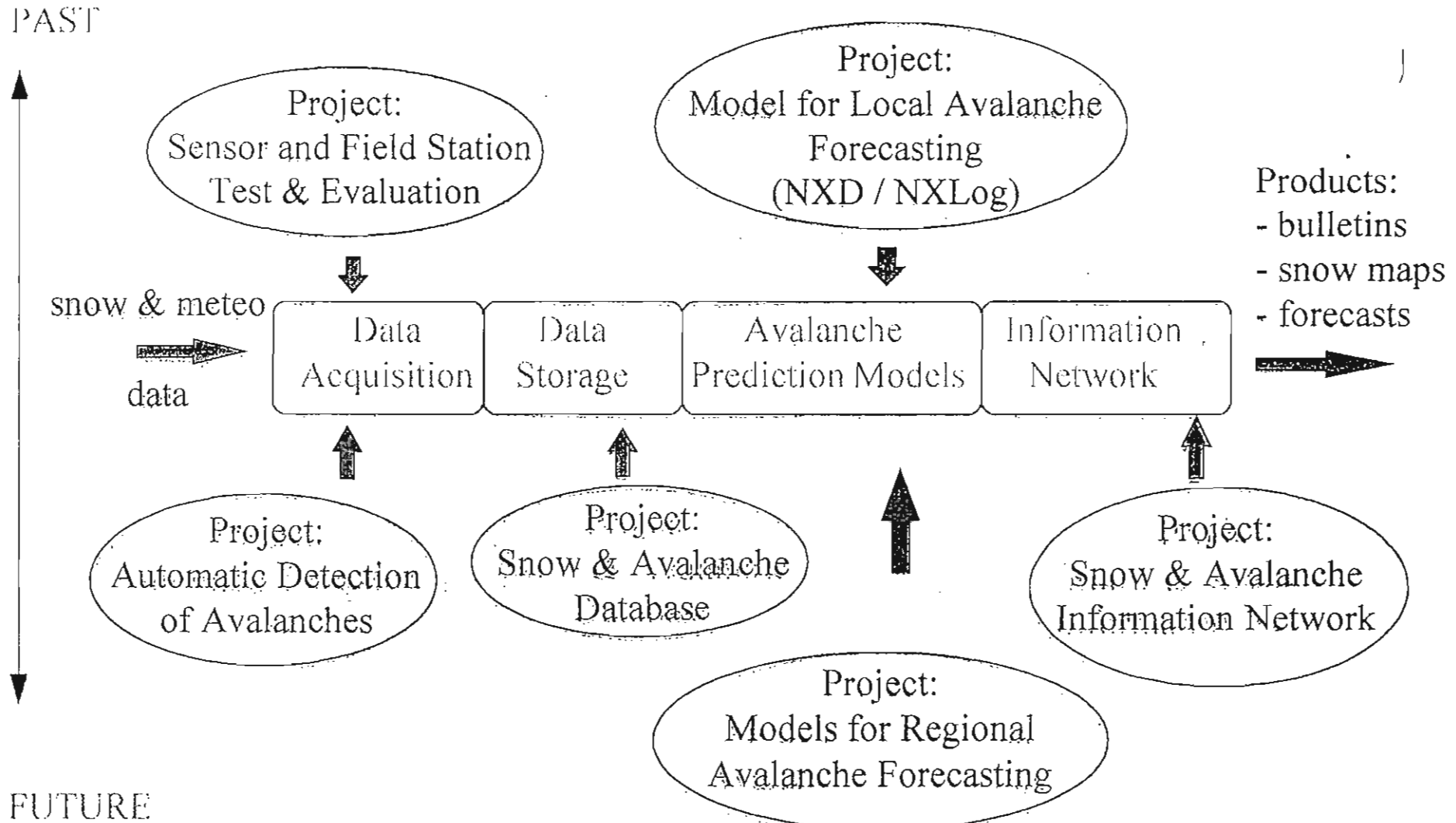
Avalanche Warning Systems - Function within WSL / SLF



Mynd-1 Stada LWS innan SLF.



Past - Present - Future



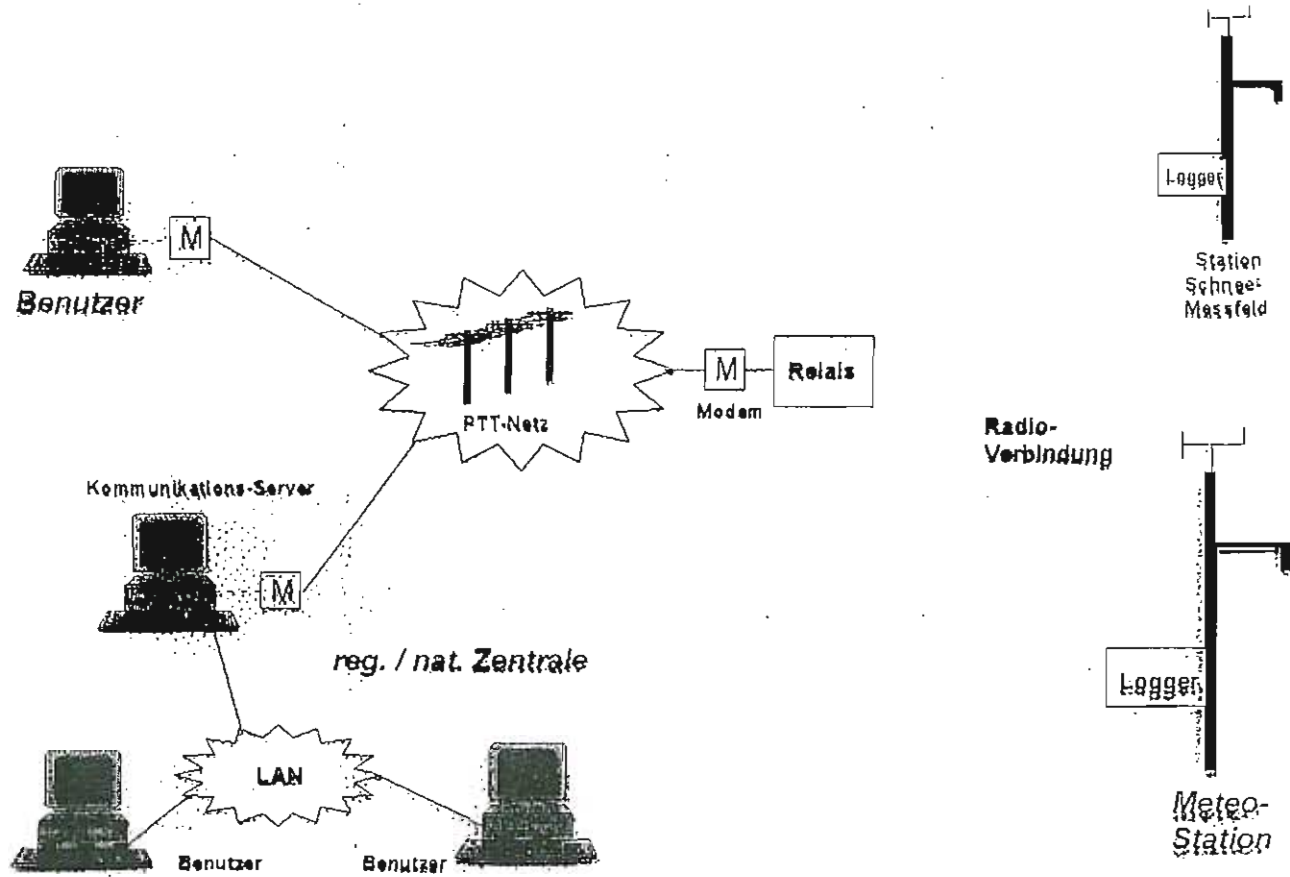
Mynd-2 Helstu verkefni LWS.

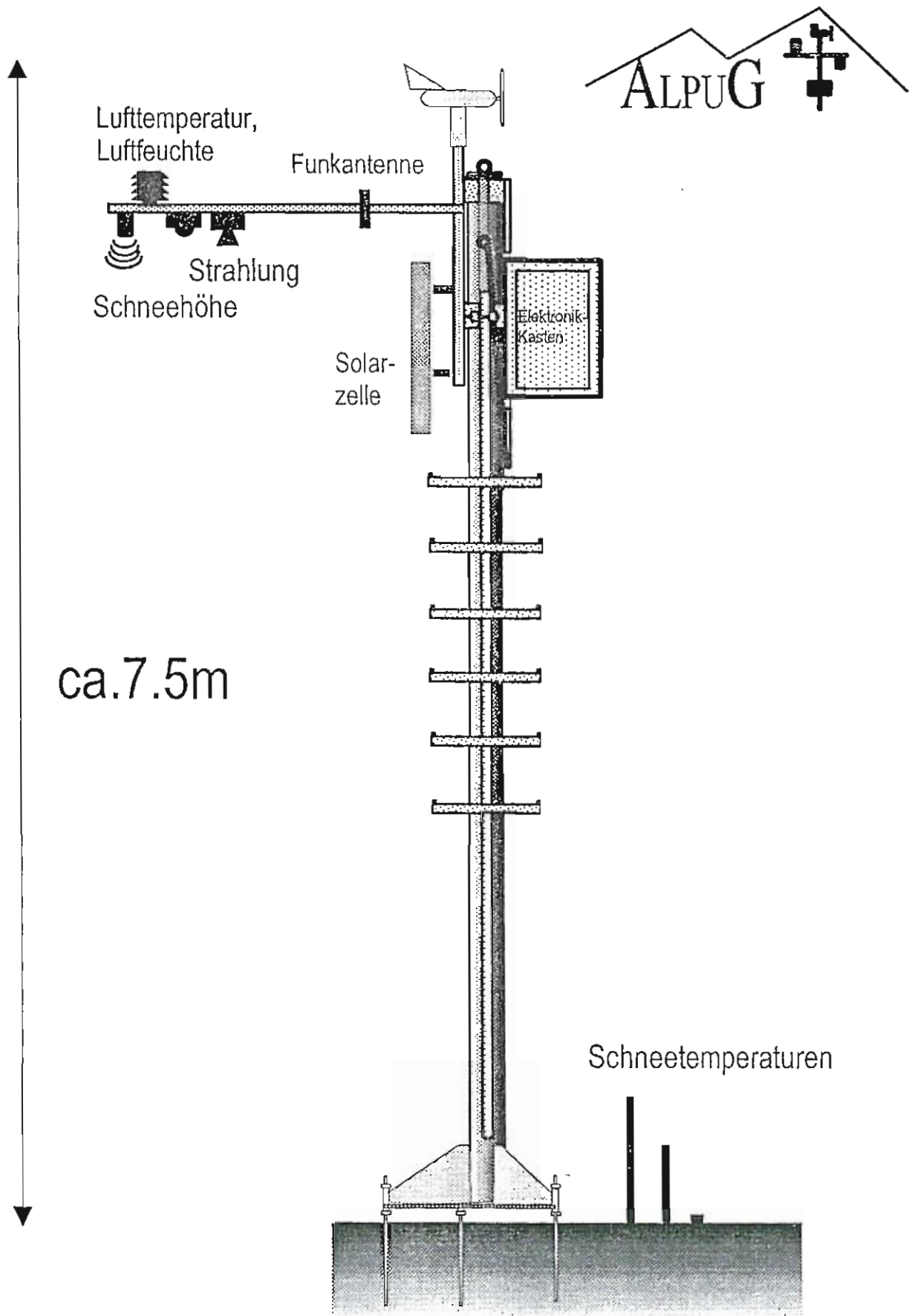


Avalanche Warning Systems (LWS)



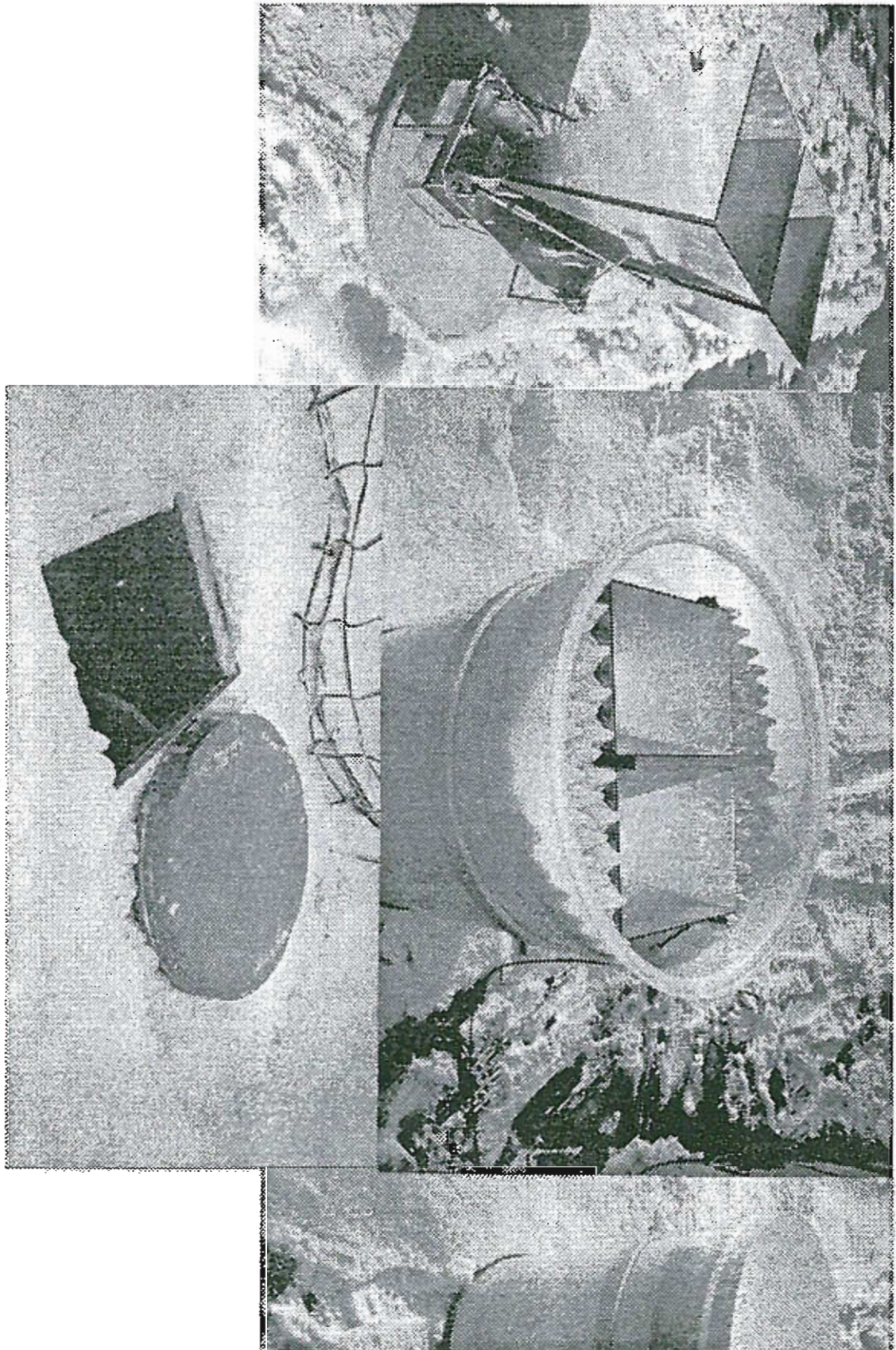
Typische Konfiguration





Mast mit Instrumententräger für Schnee- und Windstationen IMIS

Mynd-4 Einfölduð mynd af útfærslu AlpuG á mælistöð í IMIS kerfinu.



Mynd-5 Radar til mælinga á snjódýpi (þvermál tunnu er um 70 cm)

VIÐAUKI I

Kröfulýsing fyrir IMIS mælistöðvar

6. Leistungsverzeichnis

Infrastruktur		
AB 1.1	Mechanische Konstruktion	Schneestation: Flachfeld Windlast bis mind. 70 m/s
AB 1.2	Schutzschrank	Witterungsschutz unter Hochgebirgsbedingungen
C 1.1		Kondenswasserschutz für Temperaturbereich von -35°C bis 40°C
AB 1.3	Blitzschutz	Allfällig unterschiedliche Erdungsvarianten angeben
C 1.2		
AB 1.4	Stromversorgung	Wind-/Schneestation: autonomer Ganzjahresbetrieb Relaisstation: 220 V Netzanschluss

Sensorik / Messgrößen						
A 2	Messprogramm Windstation	TL, RH, DW, MW, SW				
B 2	Messprogramm Schneestation	TL,RH,HS,TS,T0,T1,T2,T3,KR				
	Messgrößen	Messintervall			Messbereich	Genauigkeit unter Feldbedingungen
			Speicherintervall			
				Berechnungsart		
	TL: Lufttemperatur [°C]	1 min	30 min	gemittelt	-35 .. 40°C	±3°C**
	TS: Schneeoberflächen-temperatur [°C]	1 min	30 min	gemittelt	-40 .. 0°C	±1°C (-10° .. 0° C) ±2° C (<-10°C)
	T0: Bodentemperatur [°C]	1 min	30 min	gemittelt	-40 .. 5°C	±0.5°C
	T1,T2,T3: Bodennahe Schneetemperaturen [°C]	1 min	30 min	gemittelt	-40 .. 0°C	±0.5°C
	HS: Schneehöhe [cm]	30 min	30 min	Momentanwert*	0 .. 700 cm	± 3 cm
	DW: Windrichtung [Grad]	10 sec ***	30 min	Richtung des Summenvektors	0..360 Grad	± 10 Grad ****
	MW: Windmittel [m/s]	10 sec	30 min	gemittelt	0 .. 60 m/s	± 10 %
	SW: Windspitzen [m/s]	10 sec	30 min	Maximalwert	0 .. 60 m/s	± 10 %
	RH: Rel. Luftfeuchtigkeit [%]	1 min	30 min	gemittelt	0 .. 100 %	± 5% (-25..20° C)
	KR: KW-Strahlung reflektiert [W/m ²]	1 min	30 min	gemittelt	0 .. 1500 W/m ²	± 50 W/m ²
	H0,H1,H2,H3: Höhe ab Boden der bodenn. Schneetemp. [cm]	Standard: H0=0cm,H1=25cm,H2=50cm,H3=100cm; Je nach Standort können jedoch unterschiedliche Höhen (0 .. 200 cm) gewählt werden.				
	* Plausibilitätstest und Messwiederholung durch Sensorelektronik oder lokale Datenerfassung					
	** Genauigkeit auch unter starken Strahlungsbedingungen					
	*** Integrierend; kann je nach mechanischer Trägheit des Sensors variieren					
	**** Ansprechschwelle: 2 m/s					
	Ausfalltoleranz					
	Ausfälle (kein Messwert oder Wert ausserhalb der Toleranz)	Sensoren und Datenerfassung: max 1 Ausfall pro 1000 Werte				

AB 3/C 2	Datenerfassung / Kommunikation	
	Datenerfassungskanäle	Windstation: mindestens 12 Eingangskanäle Schneestation: mindestens 16 Eingangskanäle Konfigurierbar: s.e./diff. analog, digital, Frequenz,Counter,seriell
	Datenvorverarbeitung	Minimum-, Maximum- und Mittelwertbildung Vektorielle Windberechnungen einfache Plausibilitätsprüfung und Messwiederholung
	Speicherkapazität	mind. 40'000 Werte, erweiterbar
	Datenabruf	Alle aktuellen Daten einer kompletten Station jederzeit über einen einzigen Stationsaufruf verfügbar Es sollen auch mehrere Stationen über eine gemeinsame Relaisstation abrufbar sein. Aus der Offerte muss ersichtlich sein, mit welchem Aufwand diese Option realisiert werden kann.

	Zentralen-Hardware	
D 1.1	Rechner	IBM-kompatibler PC Optimalvorschlag und Minimalanforderungen angeben
D 1.2	Drucker	Farb-Tintenstrahl-Drucker
D1.3	Modem	Hayes-kompatibel, min. CCITT V.32bis

	Zentralen-Software	
D 2.1	Betriebssystem	mind. DOS / Windows 3x alle Programme auch unter Windows95 lauffähig
D 2.2	Kommunikationsprogramm	Abfrage der Messstationen und Erstellen von Datenfiles gemäss SLF-Datendefinition Version 1.3 automatische und manuelle Abfrage Abfrage aller Daten seit letztem Aufruf und Anhängen an Jahresfile Abfrage mit wählbarem Datenintervall
D 2.3	Visualisierungsprogramm	Zeitreihendarstellung, X/Y-Darstellung (T-Profil) und Winddarstellung in konfigurierbaren Fenstern gemeinsame Darstellung von Daten aus verschiedenen Quellenfiles
D 2.4	Weitere Programme	Weitere Programme zur Datenauswertung sind mit Funktionsbeschreibung aufzuführen

Installation und Instruktion		
AB 4.1 CD 3.1	Installation	In der Installation enthalten ist Transport zum Montageort und vollständige Montage aller Komponenten, Funktionskontrolle und Inbetriebnahme der ganzen Station
D 4.1	Instruktion	In der Offerte mit eingeschlossen ist eine einmalige Einführung des lokalen Benutzers in den gesamten Funktionsumfang des Systems bei der Inbetriebnahme der lokalen Zentrale

Unterhalt / Reparatur / Garantie		
Der Servicevertrag soll mindestens folgende Leistungen beinhalten (Zusätzliche Leistungen sind als Optionen separat zu beschreiben und offerieren):		
E 1.1	Jährlicher Unterhalt darin eingeschlossen:	mindestens einmal jährlich Kontrolle des gesamten Systems, Kalibrierung und Test aller Sensoren, Funktionsprüfung der Elektronik, Ersetzen von mangelhaften Teilen Anfahrt / Transport (ohne Helitransport) Arbeitszeit Ersatz von allfälligem Verschleissmaterial
E 1.2	Reparatur- / Störungsdienst darin eingeschlossen: nicht eingeschlossen:	Reparatur- / Störungsbehebung mit einer Reaktionszeit von 72 h (von der Alarmierung bis zur Behebung des Schadens) unter Vorbehalt der Zugänglichkeit zur Station Anfahrt / Transport (ohne Helitransport) Arbeitszeit Materialkosten, sofern nicht durch Garantieleistung abgedeckt
	Garantie Elektronik: Mechanische Konstruktion:	Material-, Montage- und Produktionsfehler nicht eingeschlossen sind Elementarschäden (Blitz, Lawinen) mind. 3 Jahre mind. 5 Jahre

VIÐAUKI II

Lýsing á útfærslu AlpuG á IMIS mælistöðvum



ALPINE UMWELTGEFAHREN
LAWNEN UND PERMAFROST
ENTWICKLUNG & FORSCHUNG
MESS- UND WARNSYSTEME

Dr. Hansuelli Gubler
Richtstattweg 2
CH-7270 Davos Platz
Tel/Fax 081 46 10 19

TECHNISCHE INFORMATIONEN SCHNEEMESSSTATION

Sehr geehrte Damen und Herren,

Diese Information enthält technische Details zur Offerte sowie Vorschläge zum Konzept. Sie bildet einen integrierenden Bestandteil der Offerte.

INHALT

1. Stationskonzept
2. Bemerkungen zum Konzept
3. Standortauswahl (Feinauswahl)
4. Bau und Lieferung der Felddatenerfassungssysteme inklusive Sensoren
5. Bau und Lieferung der Funk - Telefon -Übertragungseinheiten
6. Lieferung der Masten und des notwendigen Montagematerials
7. Programmierung der Datenerfassungsstationen
8. Lieferung der Zentralensoftware
9. Lieferung eines Servicekoffers inkl. Software

1. Stationskonzept

Die Datenerfassungsanlage besteht aus drei Teilen:

- Winderfassung
- Schneemessstation
- Funk-Telefonrelais

- Alle Datenerfassungen sind in ihrem Grundkonzept identisch.
- Jede Erfassung kann die zusätzliche Funktion eines Datenfunk-Repeater übernehmen.
- Das System ist völlig transparent. Sämtliche Funktionen der Datenerfassungen sowie deren Programmierung können von einer Servicestelle aus kontrolliert und im Bedarfsfall aufdatiert werden.

2. Bemerkungen zum Stationskonzept

2.1. Schneemessstation:

Zur Feststellung der aktuellen Stabilitätsentwicklung werden die folgenden Parameter gemessen: Schneehöhe, Lufttemperatur und Feuchtigkeit, von der Schneedecke reflektierte kurzwellige (Sonnen-) Strahlung, Schneeoberflächentemperatur, Boden- und bodennahe Schneetemperaturen (Abb. 2). Weitere Sensoren wie Profilaradar, Bodenerschütterungsmessungen können angeschlossen werden.

Die Daten werden durch den Rechner der Felddatenerfassung aufbereitet, zwischengespeichert und auf Abruf an die Basisstationen weitergeleitet. Das Messintervall für die Meteorodaten beträgt 1s. Die Speichertiefe der Datenerfassung beträgt nur etwa 30 Tage. Diese kleine Speicherdauer ist die Folge der wenig kompakten Datenrecorddefinitionen durch das SLF.

Folgende Berechnungen werden durch den Datenerfassungsrechner ausgeführt: Mittelwerte der Lufttemperatur, Luftfeuchte, kurzwelligen Strahlung, Schneeoberflächen-, Schnee- und Bodentemperaturen. Indexwert für die Bildung von Oberflächenreif. Die Schneehöhenmessungen werden mit einem speziellen Algorithmus kontrolliert und aufbereitet. Alle Messdaten werden Plausibilitätstests unterzogen. Fehlerhafte Messungen werden automatisch wiederholt, Messfehler werden in einem Statuswort angezeigt. Jeder Sensor lässt sich von der Basisstation aus durch Änderung eines Kodewortes ein- oder ausschalten. Der Logger regelt auch die Batterieaufladung durch die 50W Solarzelle und ermöglicht periodische Tiefentladungen der Batterie zur Verlängerung der Batterielebensdauer. Mit überflüssiger Solarenergie wird der doppelwandige, durchlüftete Schaltschrank periodisch leicht aufgeheizt um Kondensatbildung zu verhindern. Alle Messeingänge sind mehrfach überspannungsgeschützt.

3.2. Windmessstation

Die Windmessstation misst Windrichtung und Windgeschwindigkeit. Weitere Sensoren wie Profilaradar, Bodenerschütterungsmessungen können angeschlossen werden.

Folgende Berechnungen werden durch den Datenerfassungsrechner ausgeführt: Vektorielles- und skalares Mittel der Windgeschwindigkeit, mittlere Windrichtung und Variation der Windrichtung, maximale Windgeschwindigkeit.

3.3. Funk- Telefonrelais

Das Funk-Telefonrelais dient der Einspeisung der Daten ins öffentliche Telefonnetz. Damit kann von allen dazu berechtigten Lawinenzentralen aus auf die Stationsdaten zugegriffen werden. Der Zugriff ist durch Sicherheitscodes mehrfach geschützt.

Für den Telefonanschluss ist eine Amtsleitung mit eigener Nummer notwendig. Die Leitung kann über eine Telefonhauszentrale geführt werden und zusätzlich eine lokale interne Rufnummer besitzen, muss aber von aussen direkt anwählbar bleiben. Die

Zuordnung einer lokalen Nummer hat den Vorteil, dass eine Lawinenzentrale die an die gleiche Telefonhauszentrale angeschlossen ist, gebührenfreien Zugriff auf die Datenerfassungen hat.

3.4 Lawinenzentralen

Die Lawinenzentralen dienen der Visualisierung und Analyse der Messdaten. Die Daten werden mit einem IBM PC unter WIN 3.11 über ein Telefonmodem erfasst, dargestellt und abgespeichert. Lokale Zentralen können an einer Telefonhauszentrale mit der Möglichkeit direkt nach aussen zu telefonieren, angeschlossen werden. Regionale Zentralen sollten zumindest eine eigene Amtsleitung besitzen damit der bidirektionale Datenaustausch zwischen verschiedenen Lawinenzentralen sichergestellt ist.

3. Standortauswahl (Feinauswahl)

Die grundsätzliche Evaluation der Standorte wird vorausgesetzt. Insbesondere die Evaluation der Standorte für die Schneemessungen (Schneehöhe) ist kritisch und setzt Schneeabstiche während ein bis zwei Wintern voraus, um repräsentative Standorte zu finden.

Die Feinauswahl der Standorte berücksichtigt neben der Bedingung der Repräsentativität messtechnische und bauliche Randbedingungen.

4. Bau und Lieferung der Felddatenerfassungssysteme inklusive Sensoren

3.1 Elektronik der Felddatenerfassungen

Die Felddatenerfassungssysteme basieren auf den Loggerprodukten der Firma Campbell Scientific deren offizielle Vertretung für die Schweiz die Firma markasub in Basel ist. Die Stationen sind somit in ihrer Funktionalität 100% kompatibel zu den übrigen, in den Kantonen Wallis und Tessin sowie zu den gesamtschweizerisch durch die SLF/SMA betriebenen automatischen Schneemessstationen

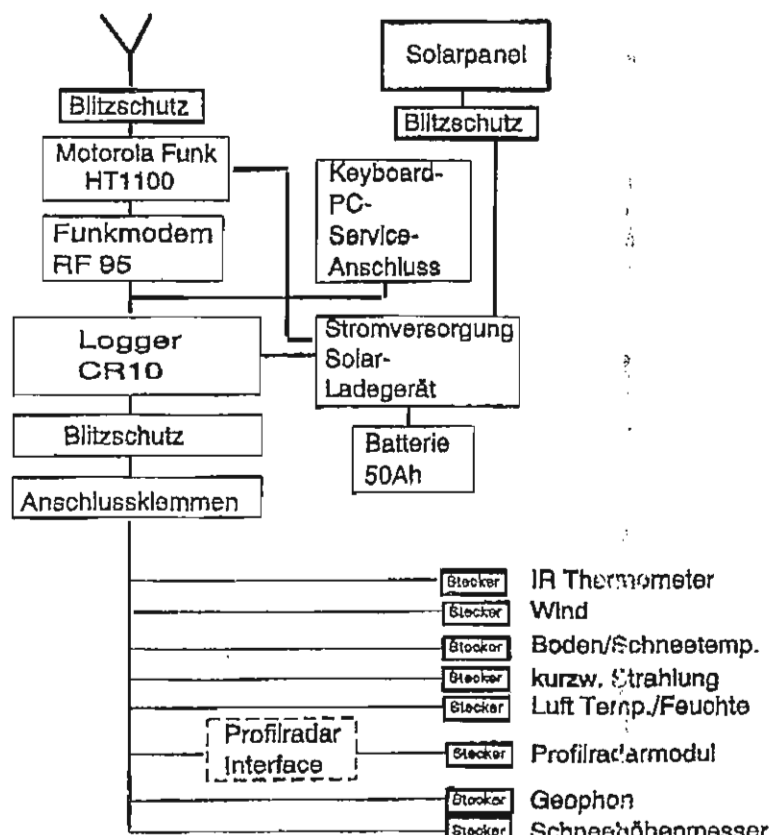


Abb. 2. Messdatenerfassung.

innerhalb des ENET. Die Stationen sind modular aufgebaut. Sie ermöglichen Funktionskontrollen und Ferndiagnosen über das öffentliche Telefonnetz oder über Funk (Servicekoffer). Im Pannenfall können die standardisierten Module mit Leichtigkeit im Feld ausgewechselt werden, ohne dass grosse Lasten zu transportieren sind. Der Aufbau der Datenerfassung ist in Abb.4 dargestellt. Ein Serviceanschluss ermöglicht Funktionsüberprüfungen vor Ort entweder mit einem Servicekeyboard (200gr.) oder mit dem Laptop aus der Servicebox. Mit der Servicebox ist eine Überprüfung der Station über Funk auch ohne Öffnen der Station möglich. In der Stationssoftware integrierte Routinen ermöglichen zeitsparende Tests der Komponenten und der angeschlossenen Sensoren. Alle Datenerfassungen werden mit einer identischen Grundausrüstung versehen. Damit erhält das Netz eine maximale Redundanz, da jede Erfassung völlig autonom arbeitet und Ihre Daten direkt an das entsprechende Funk-Telefonrelais weitergibt. Wenn gewünscht, kann jede beliebige Erfassungsstelle innerhalb einer Station auch als Datenkonzentrator programmiert werden. Das ganze System ist vollständig transparent. Bei Ausfall einer Erfassung/ Logger können die Datenübermittlungswege jederzeit der neuen Situation angepasst werden. Jede Erfassungsstelle kann ohne weiteres bei Bedarf auch als Funk-Repeater eingesetzt werden. Dies ist eine Grundfunktion der Erfassungsstellen und bedarf keiner speziellen Hard- oder Softwareanpassungen.

Die Elektronik wird in ein belüftetes, doppelwandiges Gehäuse mit spezieller Dichtung gegen feinste Schneeteilchen (Schneedrift) und Wasser eingebaut. Das Gehäuse wird mit überschüssiger Solarenergie (50W_p, Solarpanel) zeitweise schwach geheizt. Das eigentliche Loggermodul ist luftdicht und wasserdicht. Je nach Örtlichkeit werden Ein- oder Mehrelement-Funkantennen mit Richtcharakteristik verwendet, um möglichst ungestörte Funkübermittlung zu garantieren (wichtig bei Anlagen in Gratnähe mit grosser Reichweite).

4. Bau und Lieferung der Funk - Telefon -Übertragungseinheiten

Diese Module, die die Verbindung der Stationen mit dem öffentlichen Telefonnetz sicherstellen, bestehen aus einem Funkgerät HT1100, einem RF Modem RF95, einem Telefonmodem, einer Stromversorgung ab Netz (220V) mit Notstrombatterie (ca. 7Ah, 3 Tage Autonomie) und den notwendigen Blitzschutzelementen. Die Module werden in Gehäuse für Wandmontage innen oder aussen montiert.

Die Bereitstellung eines Telefonanschlusses ist Sache des Auftraggebers. Die optimale Antennecharakteristik ist abhängig vom Standort.

5. Lieferung der Masten und des notwendigen Montagematerials

Die Konstruktion der Masten beeinflusst Messgenauigkeit, Betriebssicherheit, Servicefreundlichkeit und Installationskosten der Feldmesssysteme entscheidend. Folgende Grundsätze sind zu beachten:

- Schneehöhenmesser und IR-Thermometer müssen in genügender Entfernung vom Masten montiert werden, damit Beeinflussung durch Mastteile ausgeschlossen werden kann.

- Die Elektronik sollte auch im Winter zugänglich bleiben. Am unteren Teil der Masten montierte Kästen sind grossen Schneesetzungs Kräften und Tauwasser ausgesetzt. Sie beeinflussen die Schneeverteilung im Bereich des Mastens (Schneehöhenmessung) massgeblich.
- Sensor- und Antennenkabel sollten möglichst kurz gehalten werden. Elektronik, Solarpanel, Antenne und Sensoren sollten eine Einheit bilden, die in der Werkstatt komplett montiert und ausgetestet werden kann.

Um diese Bedingungen zu erfüllen, bieten wir folgende Mastkonstruktionen an (Abb. 5):

Meteo- und Schneemessungen:

- Stahlrohrmast 6m, Windcode 5, Durchmesser ca. 219 mm.
- Kombinierte Kabelführung und Leiterhalterung.
- Stahlsprossenleiter mit Sicherungsschiene.
- Gerätehalterung in Mastlängsrichtung mittels abnehmbarem Seilzug bewegbar. Die Gerätehalterung besteht aus zwei geschlitzten Manschetten (geschlitzt für Leiterhalterung) mit einer Klemmvorrichtung. Die Manschetten sind untereinander mit dem Montageprofil für das Elektronikgehäuse und den Montageprofilen für die Horizontalausleger verbunden. Die Manschetten können für die Mastmontage geöffnet werden. Der Elektronikkasten wird auf der Höhe der unteren Manschette montiert. Die Montageprofile überragen den Hauptmast (obere Manschette) um ca. 1m, damit ergibt sich eine maximale Montagehöhe für Geräte von 7m. Die Masten werden mit einem Blitzableiter versehen.
- Verankerung der Masten: Die Konstruktion des Mastfusses erlaubt die Verankerung auf drei Mikropfählen, mit Felsankern oder auf einem Betonfundament. Für den Bau der Verankerungen kann eine Lehre zur Verfügung gestellt werden. Die Masse des Mastfusses sind in Abb. 4 gegeben.

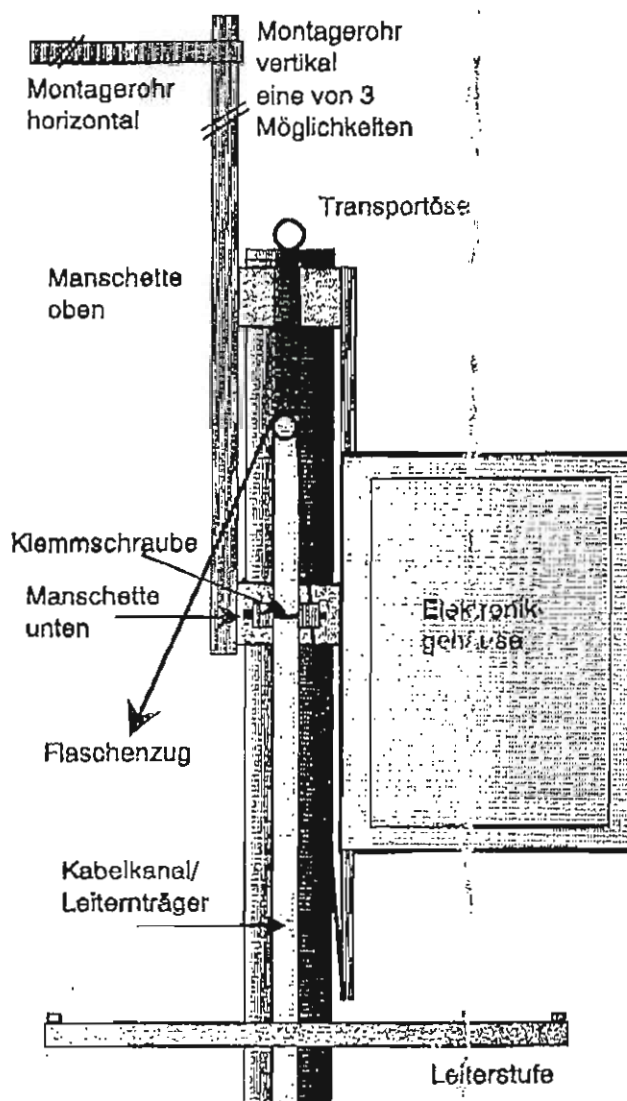


Abb. 3 Detail Geräteträger des Mastes für die Feldstationen.

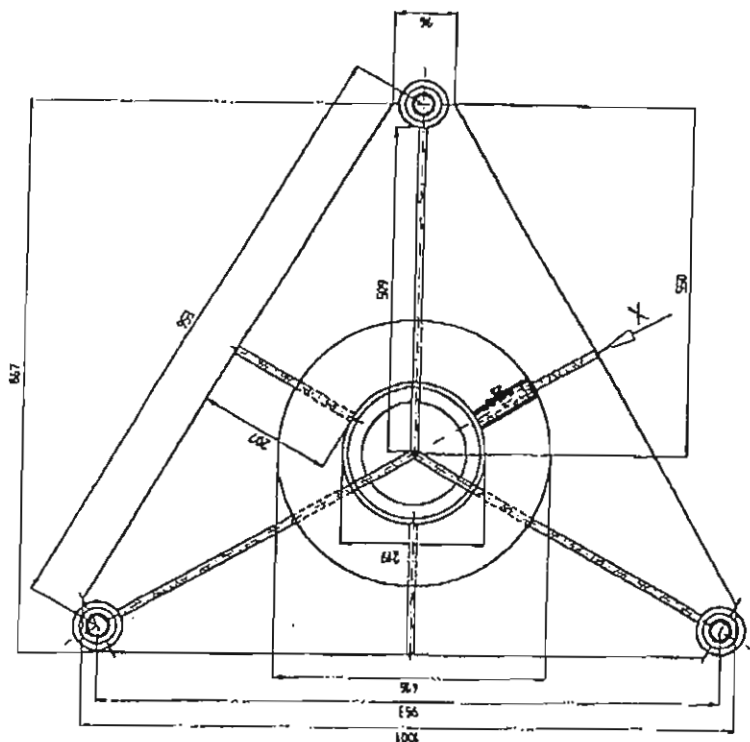
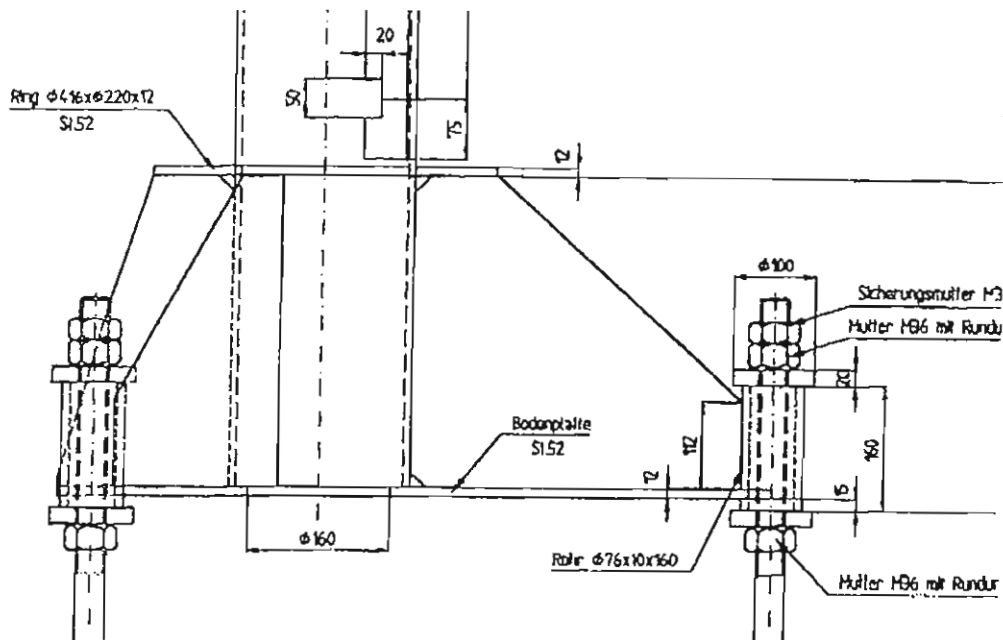


Abb. 4 Detail Mastfuss

Die ohne zusätzlichen Schnee- und Lawinenkräfte durch die Foundation in den Boden

einzuleitenden Kräfte sind: Drehmoment 35kNm, Schub 10kN.

Windmessungen:

- Stahlrohrmast 7m, Windcode 5 mit festmontierter Stahlsprossenleiter.
- Montage Elektronikkasten ca.1,5-3m über Boden (Einschneien auf Grat unwahrscheinlich), Solarpanel auf halber Höhe (Reduktion Windlast), Windmesser Mastspitze, Antenne 1m unter Mastspitze. Mastfuss wie Abb.4 mit entsprechenden Fundationskräften.

Kabelführungen, Erdung

Für Kabeleinführungen in den Mastfuss ist ein Kabelschutzrohr zwischen der Fundationsaussenseite ca 20cm unter der Bodenoberfläche (in einen Kabelgraben mündend) und dem Mastzentrum einzubetonieren. Rohrlinnendurchmesser 80mm.

Für die Masterdung sind 2-3 Erdbänder mit einer Totallänge von ca 30m einzugraben und an die Mastverankerung anzuschliessen. Zwischen Fussplatte und Fundamentoberfläche ist ein Lücke von 6 bis 8 cm vorzusehen.

7. Lieferung/ Anpassungen der Zentralensoftware

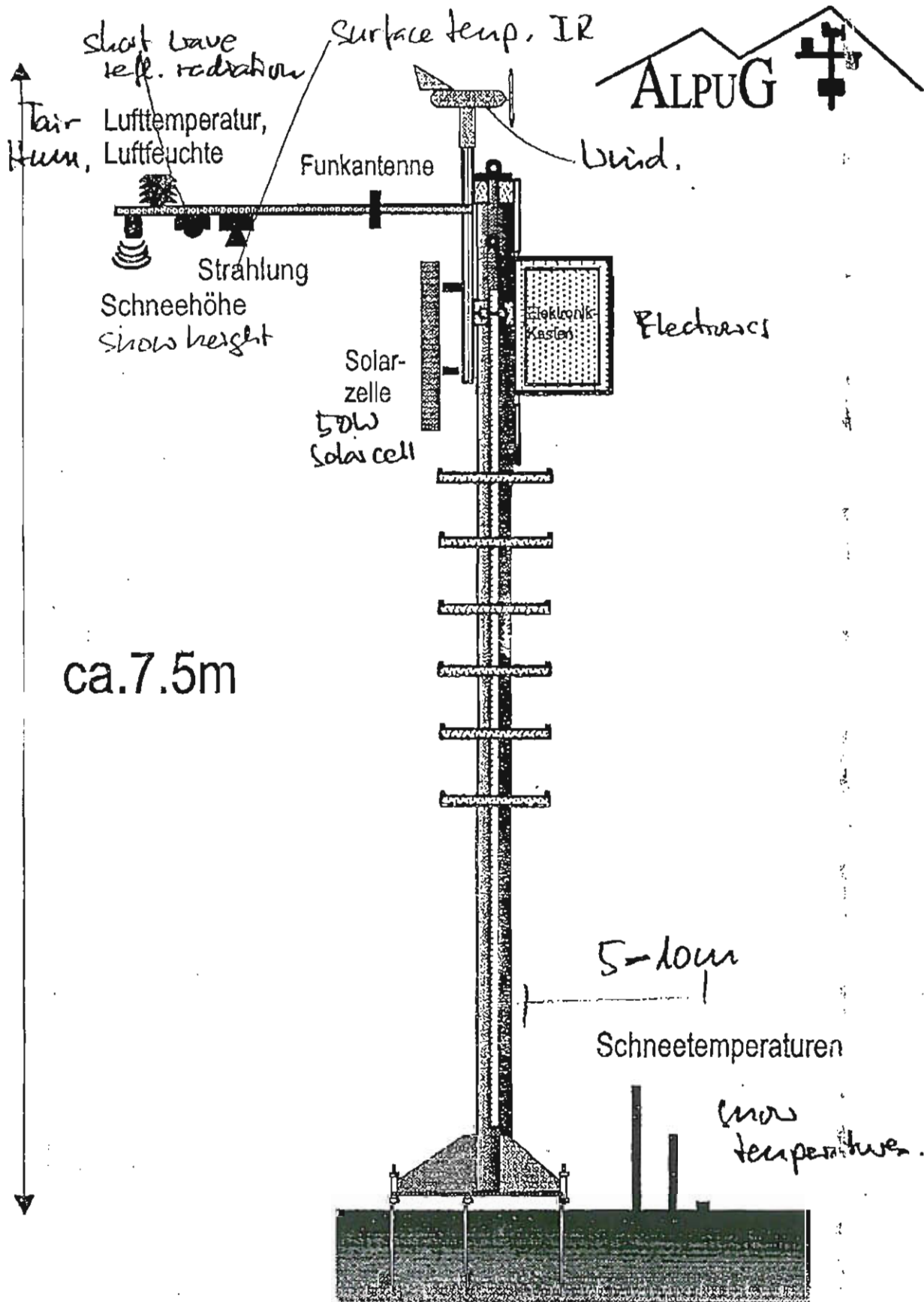
Hier stehen zwei Optionen zur Auswahl, auch kundenspezifische Programme auf der Basis vorhandener Software sind möglich:

- Lavinet /OS2
- Abfrage und Darstellungssoftware unter Windows LOGCALL von AlpuG. Automatische Loggerabfrage und Datendarstellung als Zeitserien und in Tabellenform, automatischer Ausdruck von Graphik und Tabellen. Alle Abläufe einfach automatisierbar (Recorder merkt sich einmal ausgeführte Abläufe). Berücksichtigung von Kundenwünschen möglich.

LOGCALL AlpuG, Kurzbeschreibung

Die notwendigen Programme laufen unter Windows 3.1. Alle Funktionen können durch einfaches Anklicken von Kommandotasten und Menues auf dem Bildschirm aktiviert werden. In den Basisstationen/Zentralen wurden folgende Softwaremodule installiert:

- Logcall:** Automatische Datenerfassung, Datendarstellung, Darstellung der Parameter frei wählbar als Graphiken und Tabellen. Kompatibel zu allen in Betrieb stehenden Campbell Stationen in der Schweiz, inkl. Enet.
F(t) und YX- Darstellungen, Zeitauflösung Sekunden bis Monate (wichtig für GAZ-EX-Daten).
- Bitmat-Radar:** Darstellung von Radarschneeprofilen mit vielen Bildbearbeitungsoptionen.
Darstellung von Spektren und Analogsignalen.



Mast mit Instrumententräger für Schnee- und Windstationen IMIS