

# **ASK-modulerad 433,92MHz RF-modul som RF-länk i en lavinofferdetektor**

Peter Lydman

<b>EXAMENSARBETE</b>	
Arcada	
Utbildningsprogram:	Elektroteknik, Telekommunikation
Identifikationsnummer:	
Författare:	Peter Lydman
Arbetets namn:	ASK-modulerad 433,92MHz RF-modul som RF-länk i en lavinofferdetektor
Handledare:	René Herrmann
Uppdragsgivare:	Arcada – Nylands svenska yrkeshögskola
<p>Abstrakt/Sammandrag:</p> <p>Lavinofferdetektorer har använts redan i flera år med en standardiserad 457KHz bärvåg. De traditionella lavinofferdetektorerna är standardiserade för att operera i det sk. närfältet som sträcker sig till ca. 100m. Syftet med det här arbetet var att undersöka dämpningen som förorsakas av snö mha. en ASK-modulerad 433,92MHz RF-länk. Teorin av olika elektromagnetiska fenomen samt fourier transformationer förklaras inte i arbetet som gör arbetet lättare att förstå för läsaren. I arbetet användes två olika mätningmetoder där mätningarna gjordes mha. RF-länken och ett oscilloskop som klarade av att mäta den mottagna modulationsfrekvensen vid mottagarmodulens ingång. Den första mätningmetoden användes för att uträkna signaldämpningen som förorsakas av luft där RF-länkens distans mellan mottagare och sändare ökas och mängden av snö över sändaren är konstant. Den andra mätningmetoden användes för att uträkna signaldämpningen som förorsakas av snö där RF-länkens mottagare och sändare har konstant distans från varandra och snömängden över sändaren ökas. Ur mätresultaten uträknades signaldämpning som förorsakas av snö och luft vid olika modulationsfrekvenser. Målet med arbetet var att kunna mottaga signalen vid 200 meter då sändaren var under minst en meter snö samt att signalen skulle kunna mottagas då tre meter snö var mellan mottagare och sändare. Resultaten av räkningarna visar att modulationsfrekvensen skall vara under 850Hz. Då distansen mellan mottagare och sändare är 200 meter kan sändaren vara ca. 67 meter under snö då bärvågen moduleras med 200Hz för att signalen skall kunna mottagas vid mottagaren som betyder att RF-länken kunde i teorin mycket bra användas i en lavinofferdetektor.</p>	
Nyckelord:	433MHz, RF-länk, Mikrocontroller, ASK, Lavin, Lavinofferdetektor
Sidantal:	39
Språk:	Svenska
Datum för godkännande:	

<b>DEGREE THESIS</b>	
Arcada	
Degree Programme:	Bachelor of Electronics
Identification number:	
Author:	Peter Lydman
Title:	An ASK-modulated 433,92MHz RF-link used in an avalanche beeper
Supervisor:	René Herrmann
Commissioned by:	Arcada – Nylands svenska yrkeshögskola
<p>Abstract:</p> <p>Avalanche beepers have been used for many years now. They operate in the 457KHz carrier wave that is standardized for avalanche beepers. The traditional avalanche beepers are standardized to operate in the near field of the 457KHz carrier frequency that reaches near to 100 meters. The purpose of this graduation work was to investigate the signal attenuation that occurs due to snow with an ASK-modulated 433,92MHz RF-link. The theory of electromagnetism and fourier transformations is not explained and this makes this graduation work easier for the reader to understand. There were two different kinds of measuring methods done with the RF-link and an oscilloscope that was able to measure the modulation frequency at the receiver input. The first measuring method is made so that the attenuation that occurs due to air can be calculated and is done by increasing the distance between the transmitter and the receiver while the amount of snow is constant. The second measuring method is made so that the attenuation that occurs due to snow can be calculated and is done by increasing the amount of snow on the transmitter while the distance between the transmitter and receiver is constant. The values from the two different measurement methods were used to calculate the attenuation due to air and snow at different modulation frequencies. The goal was to receive a signal at 200 meters from the transmitter while it was under one meter snow and that a signal could be received when there was three meters snow between the transmitter and receiver. The results shows that the modulation frequency should be under 850Hz. The transmitter can be buried under 67 meters of snow while the distance between transmitter and receiver is 200 meters to receive a signal when the carrier wave is modulated with 200Hz. This means in theory that the RF-link could be used in an avalanche beeper.</p>	
Keywords:	433MHz, RF-link, Microcontroller, ASK, Avalanche, Avalanche beeper
Number of pages:	39
Language:	Swedish
Date of acceptance:	

# INNEHÅLL

<b>1</b>	<b>Inledning.....</b>	<b>6</b>
	1.1 Bakgrunden till lavinofferdetektorer .....	8
	1.1.1 För-, och nackdelar med lavinofferdetektorn .....	13
	1.1.2 En alternativ lavinofferdetektor .....	13
<b>2</b>	<b>Prototyputveckling .....</b>	<b>14</b>
	2.1 RF sändarmodul och mottagarmodul .....	14
	2.1.1 Modulationsmetoden ASK.....	14
	2.1.2 Sändarmodul .....	15
	2.1.3 Mottagarmodul.....	16
	2.2 Antennval .....	16
	2.2.1 Sändarantenn.....	17
	2.2.2 Mottagarantenn .....	19
	2.3 Kretsdesign .....	20
	2.3.1 Sändarkrets.....	20
	2.3.2 Mottagarkrets .....	22
	2.4 Sändarens pulsinformation.....	23
	2.5 Flödesschema av PIC mikrokontroller operation .....	24
<b>3</b>	<b>Resultat av mätningarna.....</b>	<b>25</b>
	3.1 Mätplanen .....	25
	3.2 Utvärdering av sändaren och mottagaren.....	26
	3.2.1 Mätningarna .....	28
	3.2.2 Dämpning pga. luft .....	29
	3.2.3 Dämpning pga. snö .....	33
	3.2.4 Summering av resultaten.....	36
<b>4</b>	<b>Förbättringar .....</b>	<b>37</b>
<b>5</b>	<b>Slutord .....</b>	<b>38</b>

## Källor

<b>Bilagor</b>	BILAGA 1. KOMPONENTLISTA
	BILAGA 2. MÄTRESULTAT + EKVATIONER

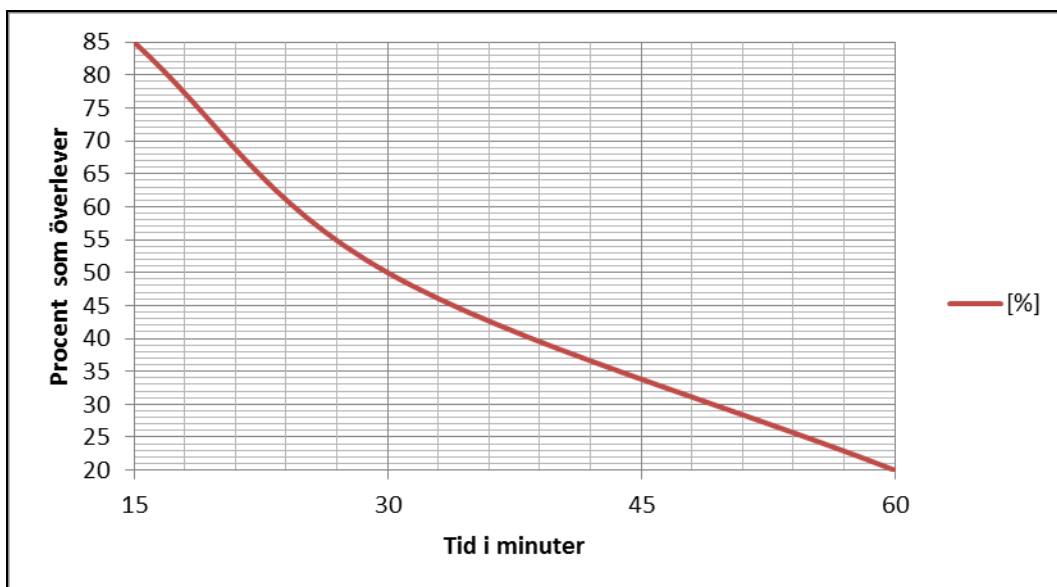
## INNEHÅLLSFÖRTÄCKNING AV FIGURER

Figur 1. Överlevnad av lavinoffer i förhållande till tid. ....	6
Figur 2. ETS 300718 standardiserad puls.....	8
Figur 3. Distans enligt elektriska fält. ....	10
Figur 4. Antenn orientering samt vinklar och distans till offret. ....	11
Figur 5. Ett exempel på att söka rätt riktning. ....	12
Figur 6. Amplitud Shift Keying.....	15
Figur 7. Isotropisk vs. Riktande mottagarantenn.....	17
Figur 8. Böjd PCB dipolantenn. ....	18
Figur 9. Strålningsform av en böjd dipolantenn.....	18
Figur 10. 3-element Yagiantenndimensioner. ....	19
Figur 11. Strålningsformen av en yagiantenn.....	20
Figur 12. Sändarkrets.....	22
Figur 13. Mottagarkrets. ....	23
Figur 14. 200Hz signal vid sändaren (blå) och mottagaren (röd).....	27
Figur 15. 2950Hz signal vid sändaren (blå) och mottagaren (röd).....	28
Figur 16. Konstant avstånd med ökad snömängd.....	29
Figur 17. Relativ effekt som funktion av frekvensen. ....	30
Figur 18. Ineffekt som funktion av distansen. ....	31
Figur 19. Relativ effekt som funktion av frekvensen. ....	34
Figur 20. Ineffekt som funktion av snömängd. ....	35

# 1 INLEDNING

Snölaviner dödar ca. 100 till 150 människor i Europa och Nord Amerika per år. Vanligaste skadorna som leder till döden i laviner är syrebrist samt buk-, höft-, bröst- och hjärnskador. Största delen av offer som dör pga. laviner dör i syrebrist. (enligt Mary Ann Liebert, Inc. Publishers - Pattern and severity of injury in avalanche victims)

Mellan 55 och 65 procent av offren som begravas under en lavin dör och endast 80 procent av offren som blir på ytan av en lavin klarar sig. Forskningar som gjorts i Italien, baserar sig på 422 skidare som begravdes. Statistiken visar hur överlevnaden sjunker i förhållande till tiden. 92 procent av de som grävts upp vid 15 minuter klarar sig och endast 30 procent klarar sig efter 35 minuter. Som tidigare nämnts, dör offren oftast i syrebrist. Nära 0 procent överlever efter två timmar. En graf enligt tidigare gjorda forskningar visar överlevnaden i förhållande till tid, Figur 1.



Figur 1. Överlevnad av lavinoffer i förhållande till tid.

Även i väl utrustade länder kan det dröja 45 minuter för en helikopter att anlända till lavinområdet och av det kan göras slutsatsen att det lönar sig inte att åka ut till "offpist" utan tillräcklig utrustning ((enligt Wikipedia, Avalanche).

Pga. att syrebrist är största orsaken till döden i laviner, är det mycket viktigt att hitta offret så snabbt som möjligt för att undvika att lavinoffret dör. För att hitta offret har olika metoder använts, av vilka den viktigaste är en trådlös elektronisk lavinofferdetektor som visar avståndet samt riktningen till lavinoffret och fungerar i det licenserade 457 KHz frekvensbandet. Denna teknik kräver att både offret och den sökanden parten har en lavinoffer detektor på sig.

Det här arbetets syfte är att undersöka dämpningen i snö av en 433,92MHz ASK (Amplitude Shift Keying) RF-länk (Radio Frekvens) som moduleras med en 200Hz, 450Hz, 850Hz, 1650Hz och 2950Hz signal. Undersökningen görs för att se vilken modulationsfrekvens som dämpas minst med en RF-länk som opererar i den licensfria 433,92MHz bärvågen samt att skulle den kunna användas i en lavinoffer- detektor.

Målet med arbetet är att bestämma dämpningen av signalen i följande förhållanden. Mottagaren skall kunna mottaga den modulerade frekvensen som sänds vid 200m då sändaren är under en meter snö samt att signalen skall kunna penetrera minst tre meter snö. Med en traditionell lavinofferdetektor kan offret under en lavin positioneras med två antenner från ca. 80m. Den traditionella lavinofferdetektorns funktionalitet beskrivs mera i kapitel 1.1.

En RF-länk skall byggas för att kunna göra mätningarna. Mätningarna vilka används för att räkna ut dämpningen som förorsakas av snö skall utföras så att en viss mängd av snö ökas mellan sändaren och mottagaren. Mätningarna vilka används för att räkna ut dämpningen som förorsakas av luft skall utföras så att distansen mellan sändaren och mottagaren ökas. Den mottagna signalens modulationsfrekvens och signalstyrka mäts med en USB oscilloskop och dess inbyggda spektrum-analysator.

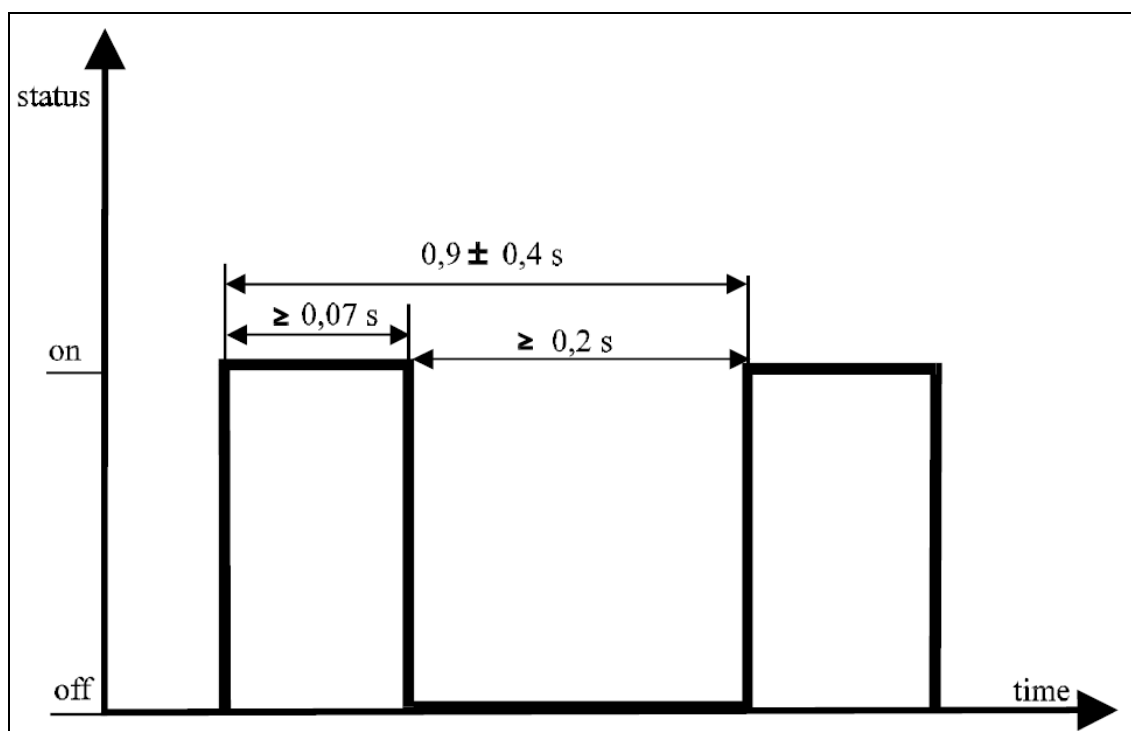
Utmaningen i arbetet kommer att vara uträkningen av signaldämpningarna som förorsakas av snö och luft. För att kunna räkna ut dämpningen som förorsakas av snö och luft måste mätningar göras med ett USB oscilloskop.

## 1.1 Bakgrunden till lavinofferdetektorer

Lavinofferdetektorer har två lägen, sändarläge och mottagarläge. Sändarläget är det normala läget för lavinofferdetektorn i vilken en standardiserad pulsström sänds vid 457KHz radiofrekvensbandet. Europeiska standarden för lavinofferdetektorer är för tillfället ETS 300718 (enligt J. Hereford and B. Edgerly).

Det finns två typer av lavinofferdetektorer, analoga och digitala. Skillnaden mellan dem är att i digitala lavinofferdetektorn filtreras och processeras den mottagna signalen digitalt och ett grafiskt gränssnitt kan användas. Analoga lavinofferdetektorn använder människans öra som ett filter och för att processera signalen. Signalen hörs som ett ”pip” ljud och människan kan höra ljudet lätt genom bakgrundsbrus i ljudsignalen.

Då en person begravas under en snölavins och blir det så kallade offret, tas lavinofferdetektorns mottagare i bruk. Sändaren vid offret sänder korta pulser enligt ETS 300718 standarden, se Figur 2.



Figur 2. ETS 300718 standardiserad puls.



Kraven för ETS 300718 standarden som ändrats i september år 2000 är

- 200 timmar i sändarläge vid +10°C
- 1 timme i mottagarläget vid -10°C
- Operationstemperaturen är från -20°C till +45°C
- Perioden av CK (Carrier Keying) är 1000ms ±300ms (0,7692Hz – 1,4285Hz)
- Sändarens bärvågsfrekvenstolerans är ±100Hz (456,9KHz – 457,1KHz)

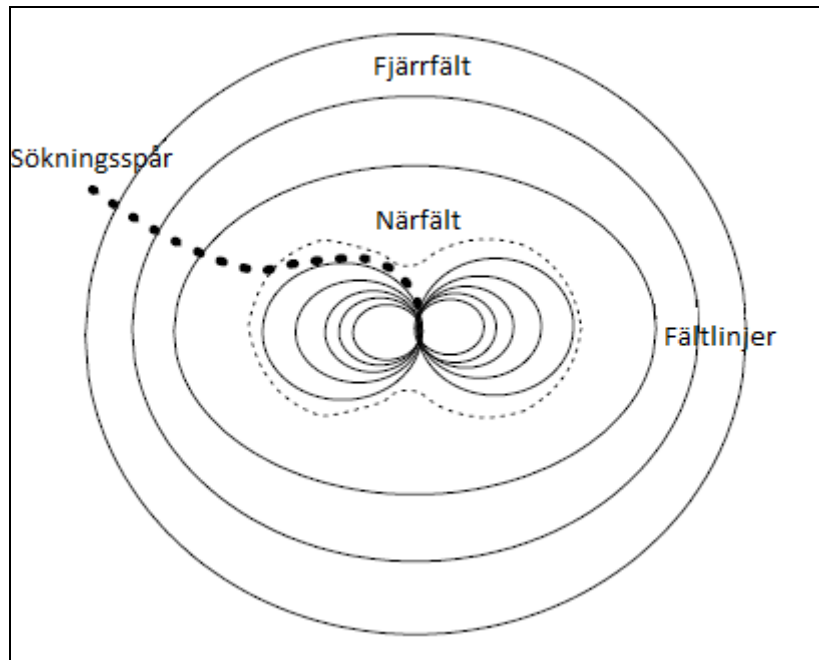
(enligt European law and standards affecting avalanche beacons).

Räckvidden av en lavinofferdetektor är ca. 80m (enligt Wikipedia, Avalanche).

För att lokalisera sändaren kan lavinofferdetektorer ha t.ex. två antenner ortogonalt placerade i förhållande till varandra för att kunna skilja olik polariserade magnetfält. Matematiska teorin av elektromagnetism och magnetfälten går utanför det här arbetet och förklaras därför inte noggrannare. Antennerna placeras ortogonalt som ett kryss eller på något annat sätt som visar sig vara bättre, se Figur 4. De två antennerna används för att mäta riktningen och avståndet till sändaren. Egentligen används antennerna för att spåra mha. en fältlinje till sändaren. Båda antennerna är kopplade till en eller varsin RSSI (Radio Signal Strength Indicator) som mäter signalstyrkan vid de separata antennerna. Genom att RSSI ger ut en spänning i förhållandet till signalstyrkan, kan sändarens distans räknas mha. ekvationen

$$\text{distans} = \sqrt{T(V_A)^2 + T(V_B)^2} \quad [1]$$

där  $V_A$  och  $V_B$  är spänning mätt vid RSSI utgången av de separata antennerna,  $T()$  representerar spänning som funktion av distansen. Avståndet som ekvationen ovan ger är teoretisk medan det verkliga avståndet till sändaren kunde vara mera lik Figur 3.



Figur 3. Distans enligt elektriska fält.

Figuren ovan visar hur en sökande person skulle närma sig offret enligt fältlinjerna i närfältet som gör den verkliga distansen en bit längre (enligt K. Weston and M. Blarowski, AviTrans - Tracker100).

De tidigare nämnda fältlinjer används ofta för att illustrera när- eller fjärrfälten. Med närfält menas distansen mellan antennen och en viss punkt där fjärrfältet börjar och den kan räknas ut genom ekvationen nedan som antar att strålningsfältet är isotropiskt i både när-, och fjärrfältet.

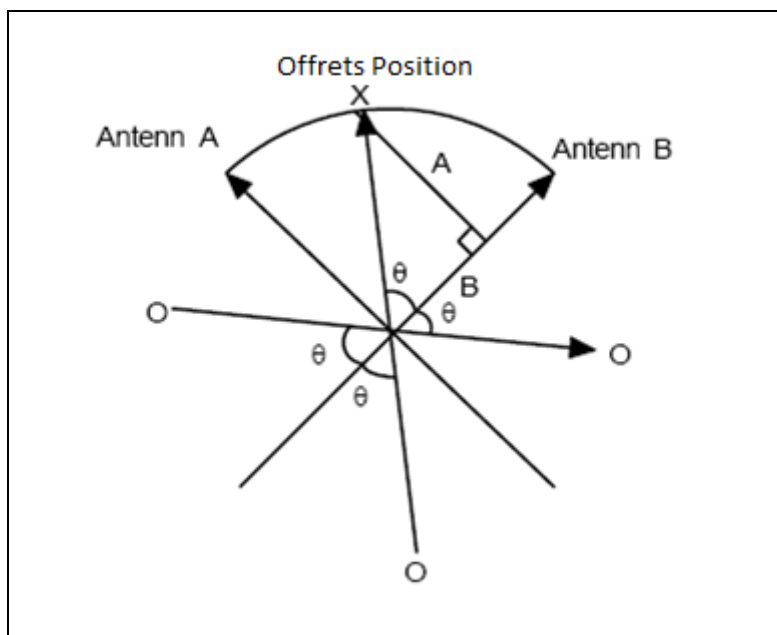
$$r = \frac{\lambda}{2\pi} \quad [2]$$

där  $r$  är distansen från sändarantennen och  $\lambda$  är våglängden. Enligt ekvationen skulle närfältet av en 457KHz signal sträcka sig till ca. 95m och allt över denna räckvidd skulle höra till fjärrfältet. Enligt den tidigare nämnda ca. 80m räckvidden av en lavinofferdetektor, kan man anta att lavinofferdetektorer opererar i närfältet (enligt J. Hereford and B. Edgerly. 457 KHz Electromagnetism and the future of avalanche transceivers).

Riktningen kunde räknas med en enkel ekvation

$$\theta = \arctan \frac{A}{B} \quad [3]$$

där A och B representerar signalstyrkan från varsin antenn, se Figur 4.

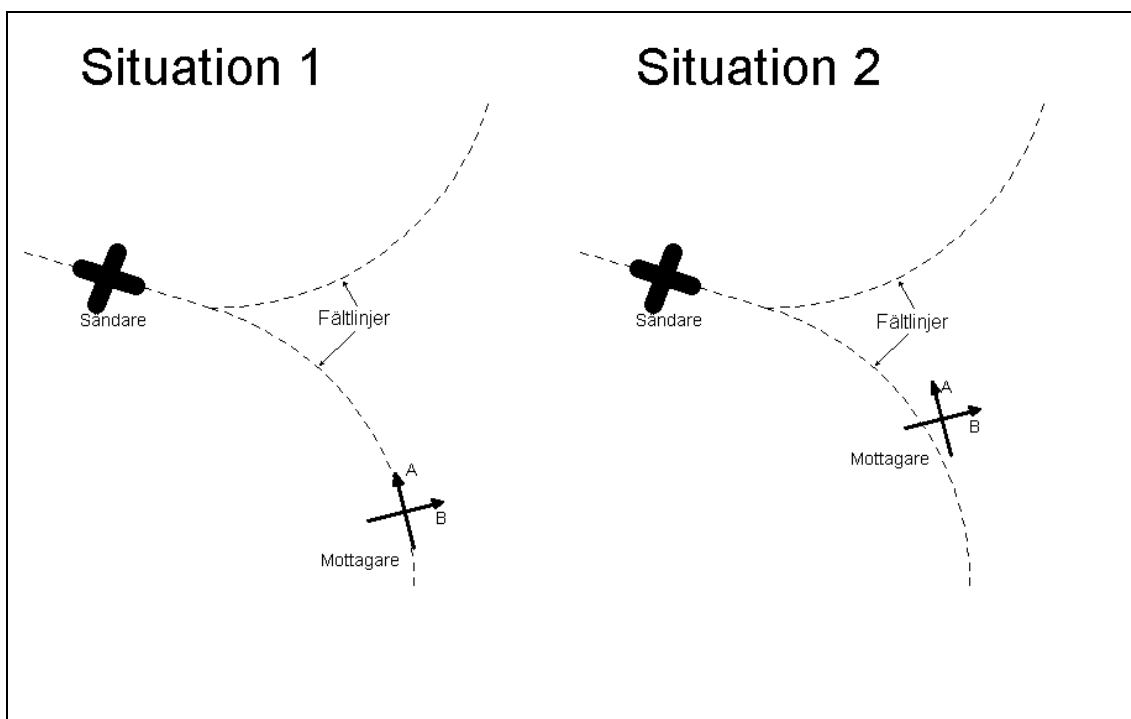


Figur 4. Antenn orientering samt vinklar och distans till offret.

Detta kunde tas som ett exempel. Antenn B får en lite svagare signal än antenn A och det skulle resultera positionen x. Som Figur 4 också visar, förekommer det 4 möjliga riktningar till offret pga. antennernas identiska strålningsform både i fram-, och bakriktningen, resulterande en fyrklöveraktig strålningsform då antennerna är placerade ortogonalt. Förenklat betyder det att om sändaren pekar i riktningen av Antenn A, kan man inte skilja åt vilken av de fyra riktningarna som är offret. Det kan man ändå pröva sig fram till genom att t.ex. svänga detektorn lite till vänster. Då börjar antenn B signalstyrkan att stiga och antenn A signalstyrkan blir lägre. Då vet man att man skall vända sig mot höger. Sedan har vi ett problem till som är mot vilken riktning (framåt eller bakåt) vi skall gå för att komma snabbast till sändaren. Det ser man också genom att börja vandra mot riktningen som valts. Om signalstyrkan börjar falla, skall man gå i motsatta riktningen. De imaginära offren kunde möjligen elimineras med en mera

riktande antenn. Detta skulle resultera i att man inte lika lätt skulle hitta sändarsignalen men efter att signalen hittats skulle mätningarna vara noggrannare. (Taget ur K. Weston and M. Blarowski, AviTrans - Tracker100)

Ett exempel hur lavinofferdetektorn fungerar är förklarad under Figur 5.



Figur 5. Ett exempel på att söka rätt riktning.

I Figur 5, situation 1 är mottagaren på rätt spår. Då skulle antenn A ha en stark signal och antenn B skulle ha en svag signal, resulterande till att lavinofferdetektorn skulle visa riktningen rakt fram. Då den sökande parten går rakt framåt i situation 2, börjar antenn A signalstyrkan att sjunka och antenn B signalstyrkan att stiga. Då signalen i antenn A börjar sjunka, vet man att nu skall man svänga mot något håll men man vet inte mot vilket. Därför har man antenn B som i situation 2 har en starkare signal än i situation 1. Om man vänder sig mot höger, blir antenn B signalstyrkan starkare. Då vet man att fältlinjen är på vänstra sidan av lavinofferdetektorn och riktar den mot vänster som resulterar en starkare signal i antenn A och en svagare signal i antenn B.

### **1.1.1 För-, och nackdelar med lavinofferdetektorn**

Fördelen med 457kHz frekvensen är att för små antenner som används i lavinofferdetektorer är närfältet främst magnetisk och därför dämpas inte signalen t.ex. av en aluminiumspade, med den förutsättningen att spaden inte är så nära sändarantennen att spaden bildar en del av antennen. Järn påverkar signalen i det magnetiska närfältet.

Nackdelar med den ovanbeskrivna tekniken är dess operationsområde i 457kHz frekvensens närfält som gör precisionen av mätningarna för distans och riktning svåra pga. komplexiteten av strålningsformen som bildas runt sändaren. En fjärrfältsapplikation skulle peka rakt mot sändaren pga. dess jämna strålningsform. En annan nackdel är att atmosfäriskt brus som högspänningsledningarna och väderfenomen åstadkommer är mycket hög vid 457kHz frekvensen. Dessutom dämpas den skickade signalen mycket snabbt, som gör räckvidden av digitala lavinofferdetektorer kortare än analoga lavinofferdetektorer. Det är mycket svårare att filtrera och processera fram den ursprungliga signalen i den digitala lavinofferdetektorn än i den analoga för att den analoga lavinofferdetektorn använder människans öra för att filtrera och processera signalen, som nämndes tidigare i det här kapitlet. Människans öra skiljer mycket bra ändringar av toner eller frekvenser. Därför är det lätt att skilja ”pip” ljudet från en signal med mycket brus i den analoga lavinofferdetektorn. Även att den analoga lavinofferdetektorn har längre räckvidd, skall en nybörjare studera och träna dess användning för att kunna utnyttja den ordentligt och därför är den digitala modellen ett bra alternativ med ett mer användarvänligt användargränssnitt.

### **1.1.2 En alternativ lavinofferdetektor**

En annan lavinofferdetektor är RECCO System som opererar i fjärrfältet. RECCO är en mycket tunn kretskortsbit som ofta sys in i jackor och byxor. Den har en special kopparform som krets, utan strömkälla som fördubblar den skickade 917MHz signalen och reflekterar den tillbaka till RECCO sändarapparaten. RECCO sändaren väger ca. 2kg och är därför mycket svår att ha med upp vid bergen då man skidar. En person borde alltid ha två RECCO reflektorer, en på framsidan och en på ryggsidan pga. att

1,8GHz signalen dämpas mycket av människokroppen (enligt M. Stanford, RECCO on the highway).

## **2 PROTOTYPUTVECKLING**

Prototyputvecklingen gjordes hemma med egna verktyg. Internet användes för att söka data om olika sändar-, och mottagarmoduler samt information om antenner. Kretsdesign utfördes med Cadsoft EAGLE Freeware version 5.7.0.

Komponenter som kondensatorer, resistorer, kretskort, koaxialkabel och RF-moduler köptes medan PIC (Programmable Interface Controller) mikrokontrollerna och spänningsregulatorerna beställdes som sampel från Microchip respektive Texas Instruments. De viktigaste komponenterna kan ses i BILAGA 1.

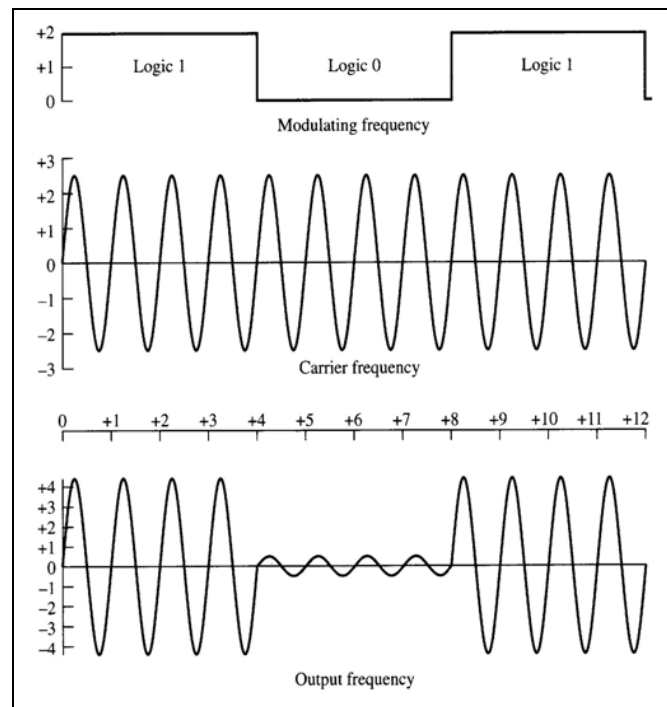
### **2.1 RF sändarmodul och mottagarmodul**

Som sändar- och mottagarmoduler valdes Quasar UK DSQAM-TX1 respektive DSQAM-RX2. Dessa moduler valdes pga. lågt pris och låg effektförbrukning. Modulerna är tillverkade för att sända digital data över RF-länken med ASK-modulerad (Amplitude Shift Keying) 200 – 3000 Hz frekvens på en 433,92 MHz bärvåg. Enligt tillverkaren är modulerna inte det bästa alternativet för det här arbetet, för att skicka en kontinuerlig fyrkantsvåg över RF-länken. Modulernas applikationsområde ligger bäst vid trådlös seriell dataöverföring. Modulerna fungerar i ett operationstemperaturområde som krävs av lavinofferdetektorer samt en låg effekt.

#### **2.1.1 Modulationsmetoden ASK**

Som bilden nedan visar, ändras amplituden i utgångsfrekvensen då bärvågen moduleras med modulationspulsen. Då modulationspulsen är en logisk 1 är amplituden som högst i utgången och då modulationspulsen är en logisk 0 är amplituden som lägst i utgången.

Lägg märke till att bärvågens amplitud är mindre än den modulerade utgångssignalens högsta amplitud. Se Figur 6 nedan.



Figur 6. Amplitud Shift Keying.

(se ICT Technologies – Amplitude Shift Keying)

### 2.1.2 Sändarmodul

ASK modulerande sändarmodulen som används i arbetet är liten och därför lätt att implementera i kretsen. Sändarmodulen fungerar med 1,5 – 5 Vdc (Volt DC) och har en strömförbrukning av 2,9mA - 22mA. Sändarmodulen kan operera i temperaturer från -20°C till +60°C. Sändarmodulen har 4 ben som framgår från databladet. Enligt tillverkaren är uteffekten vid antennuttaget 10mW som motsvarar 10dBm enligt ekvation,

$$dBm = 10 \log_{10} (1000 \cdot P) \quad [4]$$

där P är effekt i W vid antennuttaget.

### 2.1.3 Mottagarmodul

ASK demodulerande mottagarmodulen är också liten och lämplig för denna krets. Mottagarmodulen fungerar med 5 Vdc med strömförbrukningen max. 4,5mA. Mottagarmodulen kan operera i temperaturer från -10°C till +60°C som är lite sämre än vad sändarmodulen klarar av. Mottagarmodulen har 8 ben som framgår från databladet. I mottagarmodulens datablad skrivs att RF-sensitiviteten vid antenningången är -105dBm som motsvarar en minimal mottagen effekt av ~0,03pW enligt ekvationen,

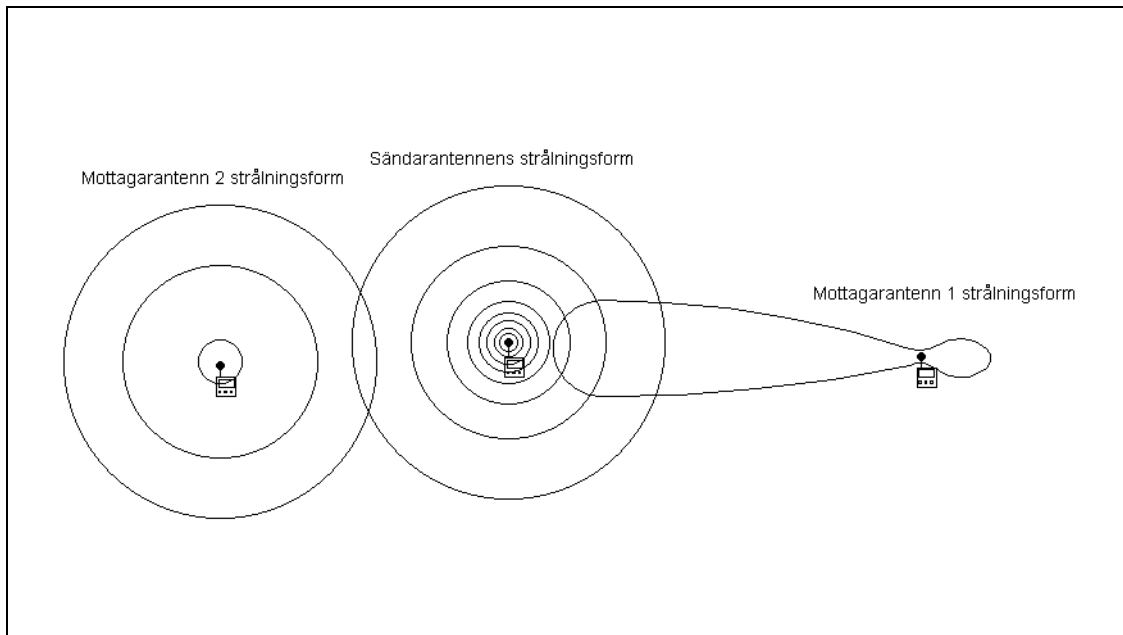
$$P = \frac{10^{dBm / 10}}{1000} \quad [5]$$

där P är effekt i W.

## 2.2 Antennval

Valet av antennerna är en viktig del i arbetet. Sändarmodulens antenn skall stråla signalen i en isotropisk form. Det betyder i ett idealt fall att den skickade signalen strålas från antennen mot alla riktningar lika mycket. För att få en noggrann positionering av sändaren, skall en riktande antenn användas vid mottagaren. Om mottagarantennen är isotropiskt strålande, (om man mäter signalstyrkorna då man roterar 360° t.ex. med en "Radio Signal Strength Indicator" (RSSI)) kommer man att få oändligt många möjliga riktningar till offret, se Figur 4. Men om man börjar vandra, märker man i vilken riktning man skall börja leta. De imaginära riktningarna kan elimineras med en tillräckligt riktande antenn. Med en mycket riktande eller smal strålningsform kommer sändarsignalen att vara svårare att rikta till men är mera pålitlig pga. bara en riktning till offret, se Figur 7.



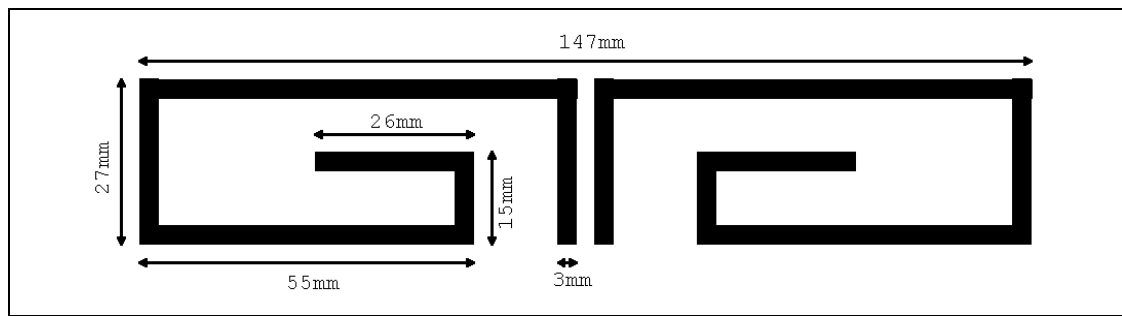


Figur 7. Isotropisk vs. Riktande mottagarantenn.

För att förklara bilden ovan kunde man tänka sig att mottagarantennernas yttersta strålningsformer klipps ut ur papper och antennmittpunkterna är fästa med en nål. Då man roterar på mottagarantenn 2, märker man att strålningsformerna av mottagarantennen och sändarantennen överlappar hela tiden fastän man skulle rotera runt  $360^\circ$  resulterande en konstant signalstyrka i alla riktningar, medan mottagarantennformen 1 är riktande och ger endast en riktning var signalstyrkan är som starkast.

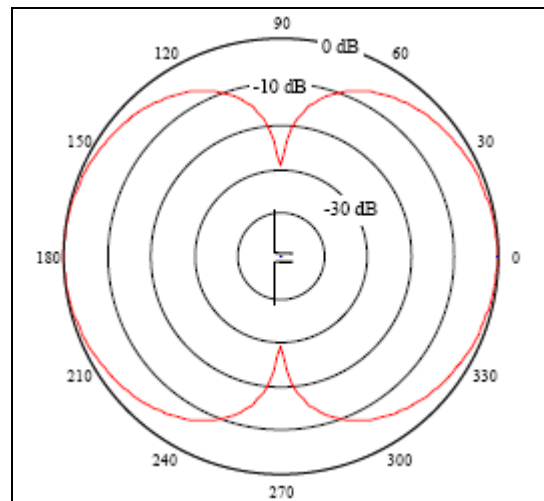
### 2.2.1 Sändarantenn

En böjd dipolantenn används som sändarantenn pga. dess strålningsform, förstärkning och storlek. Antennen är en PCB-antenn (Printed Circuit Board) dvs. den är etsad på ett kretskort med dimensionerna enligt Figur 8.



Figur 8. Böjd PCB dipolantenn.

Antennen som valdes är en modell taget från RFM – Antennas for low power applications. Den valda antennen är gjord för 434MHz som är nära ASK-modulernas bärvågsfrekvens (433,92MHz). Antennens strålningsform kan ses i Figur 9.



Figur 9. Strålningsform av en böjd dipolantenn.

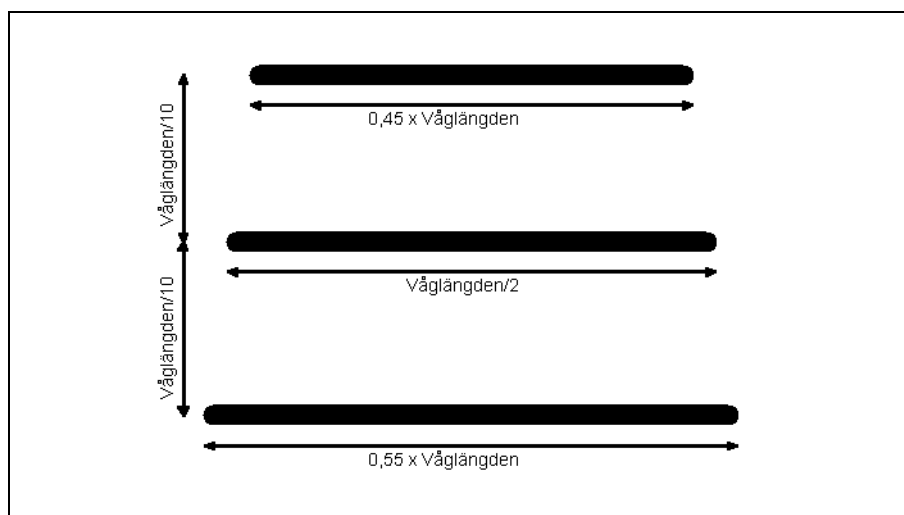
Denna antenn är nästan lika effektiv som en fullvågsdipolantenn och är dessutom mycket kompakt som är en viktig sak i lavinofferdetektorer. Denna antenn har en impedans av nära  $50\Omega$  så som ASK-modulernas antennimpedans också är enligt Quasar UK kundbetjäning.

Som Figur 9 visar är böjda dipolantennens förstärkning som bäst 0dB. Antennförstärkningen mäts alltid i jämförelse mot någon typ av referensantenn. I detta fall är referensantennen en dipolantenn varav förstärkningen ofta ges i dBd (decibel med referensantenn typ dipol). 0dBd är ca. 2,15dBi (decibel med referensantenn typ

isotropiskt stålände) som betyder att en isotropiskt strålände antenn är som referens enligt wikipedia - dBi.(Taget från K. Smith, RFM – Antennas for low power applications).

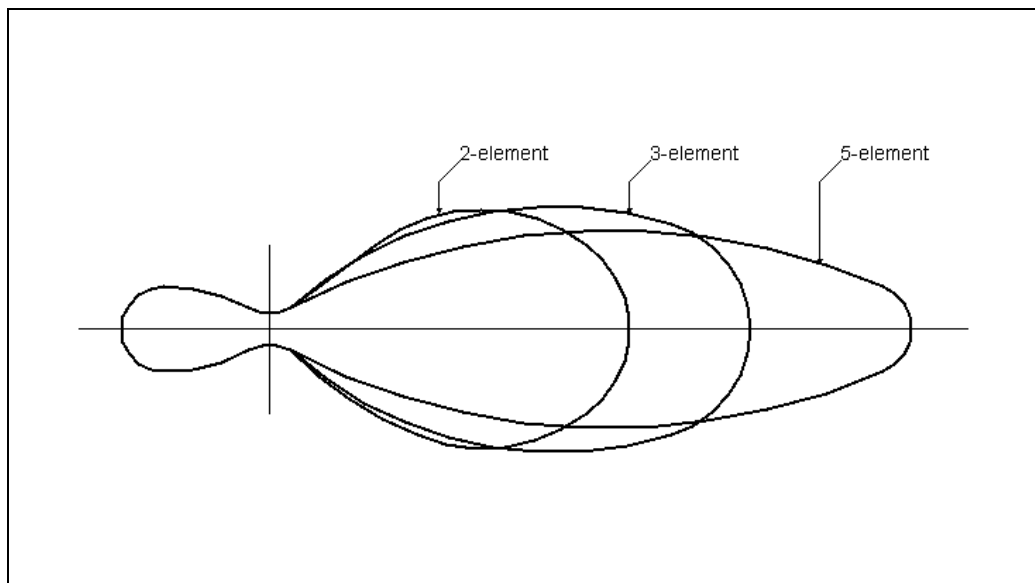
### 2.2.2 Mottagarantenn

En yagiantenn används som mottagarantenn pga. dess riktande egenskaper. Yagiantennen som används i det här arbetet består av 3 element som är reflektor, direktor och en halv vågsdipolantenn som driver antennen. Yagiantennens reflektor blev 31cm, direktorn blev 38cm och halv vågsdipolen blev 34,5cm med noggrannheten av en linjal. Elementens mellanrum är 6,9cm (enligt Antenna types – yagi). Måtten för 3-element yagiantenn kan ses i Figur 10.



Figur 10. 3-element Yagiantenn dimensioner.

En yagiantenns strålningsform med 2, 3 och 5 stycken element kan ses i Figur 11.



Figur 11. Strålningsformen av en yagiantenn.

Som figuren visar blir strålningsformen mer riktande desto flera element används i antennen. En 3-element yagiantenn valdes pga. dess enkla uppbyggnad. För att hitta en lämplig förstärkning av en yagiantenn gjord för hand, söktes olika antenn hemsidor. Ett bra referensvärde för förstärkningen av en 3-element yagiantenn är

$$Förstärkning(dB) = 10 \frac{1,66 \cdot E}{10} \quad [6]$$

(enligt D. Jefferies, Yagi-uda antennis), där 1,66 är en numerisk faktor och E är antalet element i yagiantennen, dvs. antennförstärkningen är 4,98. Förstärkningen i dB (decibel) enligt ekvationen ovan är 3,14dB.

## 2.3 Kretsdesign

### 2.3.1 Sändarkrets

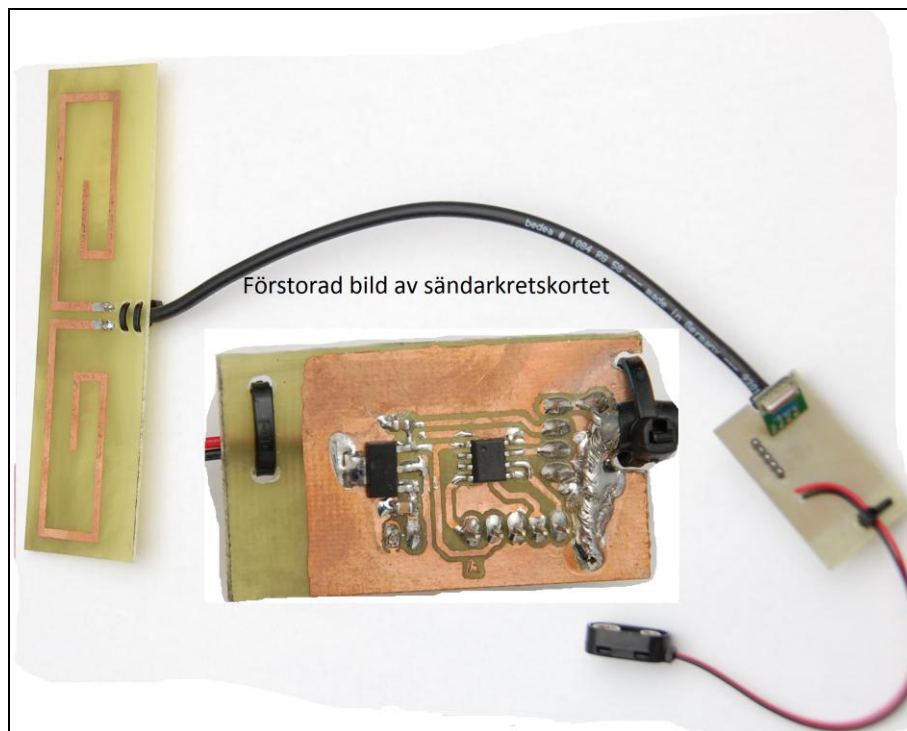
Sändarkretsen består av en 5V SOT-223 (Small Outline Transistor type) spänningsregulator av Texas Instruments, en 8 benig SOIC (Small Outline Integrated Circuit) PIC12F675 mikrokontroller av Microchip och sändarmodulen av Quasar Uk.

En 7 – 25V spänning kan matas till spänningsregulatorn och den klarar av strömmar up till 500mA som är tillräcklig för denna krets. En PIC12F675 mikrokontroller används i kretsen för att syntetisera modulationsfrekvenserna som används i mätningarna. Frekvenserna syntetiseras med enkla fördröjningar mellan instruktioner som styr en utgång till +5V eller ~0V. Mikrokontrollerutgången som är programmerad till den önskade frekvensen är kopplad till sändarmodulens ingång. Dipolantennen som nämndes tidigare är kopplad till sändarmodulen via en 20cm lång, 50Ω RG-58 koaxialkabel. Koaxialkabelns jordningsskärm är kopplad till dipolantennens ena halva och mittledaren är kopplad till den andra halvan. I sändarkretsen är skärmen lödd till jord och mittledaren till antenmodulens antennenben.

Sändaren sänder hela tiden frekvenserna 200Hz, 450Hz, 850Hz, 1650Hz och 2950Hz i tur och ordning. Det betyder att med den jämna strömförbrukning som är nämnd i sändarkretsens specifikationer skulle sändaren inte klara av ett av reglementen i ETS 300 718 standarden med kontinuerlig sändning. Genom att sända frekvenserna t.ex. i en sekunds intervall så att signalen är på 100ms och efter detta att kretsen är avstängd i 900ms kunde tiden ökas radikalt resulterande att standardens krav skulle uppfyllas.

#### Sändarkretsens specifikationer

- Spänningsförsörjning: 9V 600mAh
- Strömförbrukning: 5V, 14,5mA vid 23°C
- Teoretisk tid i sändarläge ~41 timmar
- Dimensioner (längd x bredd x höjd) 4,0 x 2,8 x 3,0 cm



Figur 12. Sändarkrets.

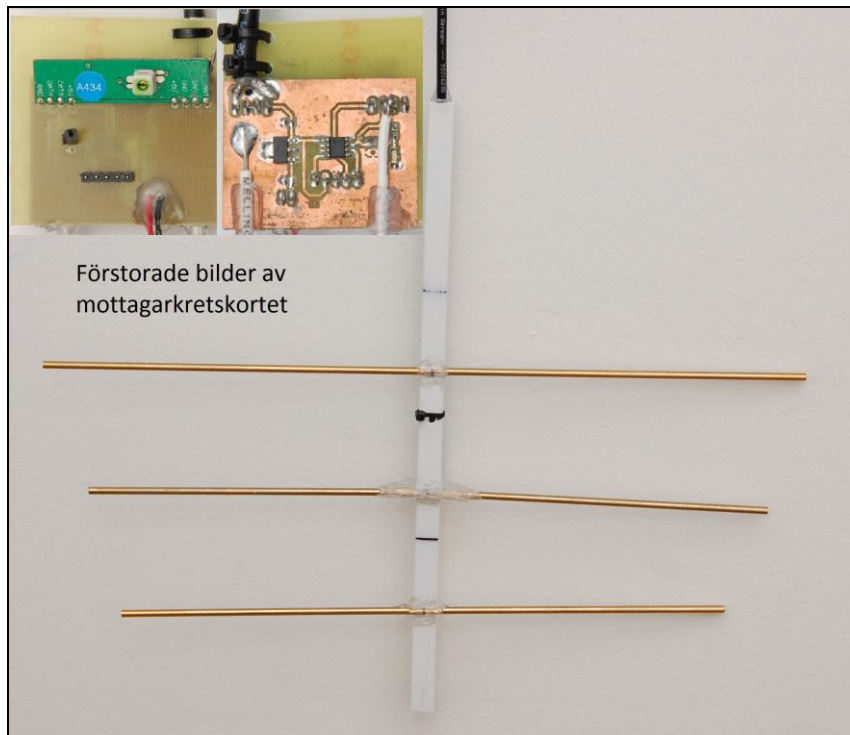
### 2.3.2 Mottagarkrets

Mottagarkretsen består av samma komponenter som sändarkretsen med mottagarmodulen som enda skillnad. För det här arbetet spelar PIC mikrokontrollern ingen roll i kretsen pga. att mätningarna mäts endast vid utgången av mottagarmodulen.

Mottagarkretsen skulle kunna klara av att mottaga i 1 timme vid  $-10^{\circ}\text{C}$  som är ett av reglementen i ETS 300 718 standarden. Genom att synkronisera kretsen med den mottagna signalen så att kretsen skulle sova mellan de mottagna signalerna kunde tiden kunna även ökas.

Sändarkretsens specifikationer

- Spänningsförsörjning: 9V 600mAh
- Strömförbrukning: 5V, 7,8mA vid  $23^{\circ}\text{C}$
- Teoretisk tid i mottagarläge ~76 timmar
- Dimensioner (längd x bredd x höjd) 4,7 x 3,6 x 2,5 cm

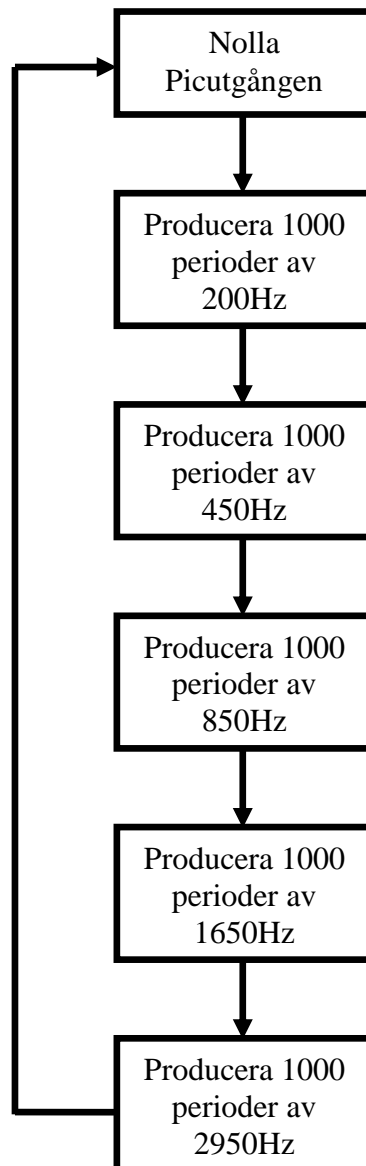


Figur 13. Mottagarkrets.

## 2.4 Sändarens pulsinformation

433,92MHz bärvågen ASK-moduleras med en 200Hz - 2950Hz fyrkantvåg och skickas över RF-länken. Modulationssignalen syntetiseras med en PIC mikrocontroller. Som modulationsfrekvenser valdes 200Hz, 450Hz, 850Hz, 1650Hz och 2950Hz pga. övertonerna som skapas av varje frekvens då ett frekvenssvop utförs. Detta görs för att lättare kunna mäta signalstyrkorna utan att övertoner ligger på de mätta frekvenserna.

## 2.5 Flödesschema av PIC mikrokontroller operation



C-koden som används i arbetet ser ut enligt koden nedan.

```
GPIO0=0; // Nolla picutgången
for (counter=0;counter<1000;counter++) { // Gör 1000 perioder
    GPIO0=1; // Picutgången på
    DelayUs(110); // Vänta t.ex 110µs
    GPIO0=0; // Picutgången av
    DelayUs(110); // Vänta t.ex 110µs
}
```



## **3 RESULTAT AV MÄTNINGARNA**

### **3.1 Mätplanen**

Mätplanen för mätningarna är enkel. För att få dämpningen som förorsakas av luft används en mätmetod där snömängden är konstant och distansen av RF-länkens sändare och mottagare ökas. För att få en dämpning som förorsakas av snö används en mätmetod där distansen av RF-länkens sändare och mottagare är konstant då snömängden över sändaren ökas. En snömängd i den först nämnda mätningmetod krävs inte för att få fram dämpningen som förorsakas av luft.

## 3.2 Utvärdering av sändaren och mottagaren

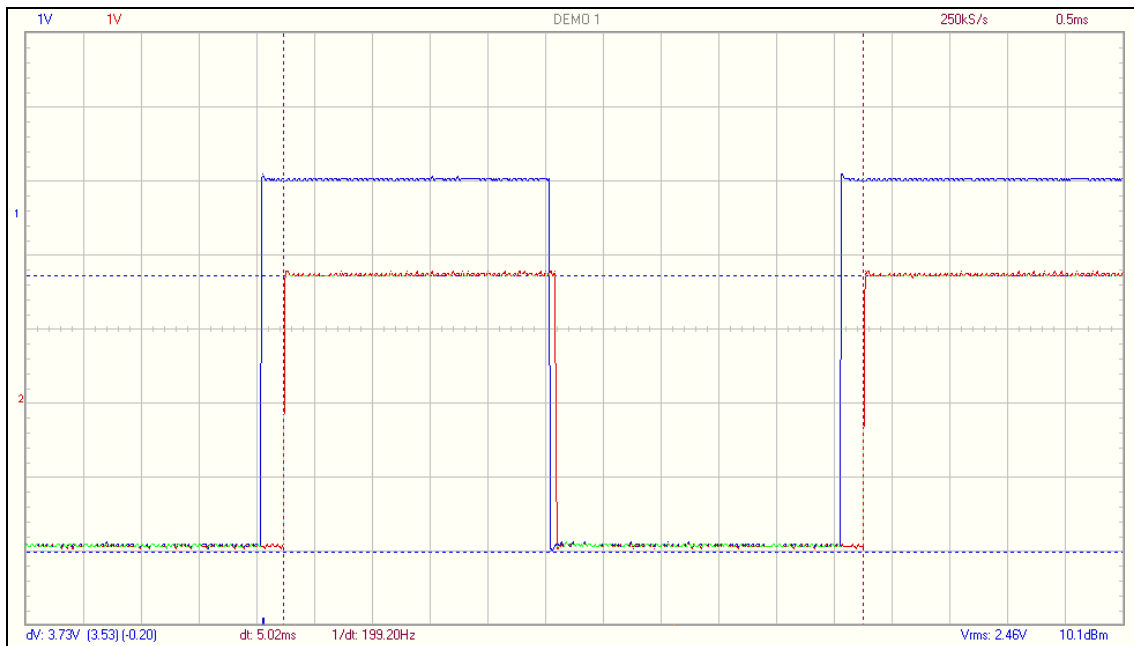
Efter att sändar- och mottagarmodulkretskorten samt antennerna var färdiga, gjordes mätningar för att se hur fyrkantvågen vid sändaren ser ut i förhållande till den mottagna fyrkantvågen. 200Hz och 2950Hz fyrkantvågen mättes med ett USB (Universal Serial Bus) oscilloskop vid sändaringången med en mätnoggrannhet av 250ks/s (kilo sampel per sekund) vid 200Hz och 2500ks/s vid 2950Hz. Vid 200Hz (199,6Hz) var kantvågen klar och tydlig utan distorsioner. Stig- och falltiden av positiva pulserna var 0ms enligt USB oscilloskopet som gjorde kantvågen nästan ideal. USB oscilloskopet visar att positiva och negativa pulsens förhållande (duty-cycle) är 49,9 procent, som betyder att positiva pulsbredden är nästan lika med negativa pulsbredden som i det här fallet var 2,50ms (positiv pulsbredd) och 2,51ms (negativ pulsbredd). Frekvensstabiliteten av kantvågen är god. Vid 2950Hz (2,95kHz) var kantvågen klar och tydlig. Stig- och falltiden av positiva pulserna var 0ms. Duty-cycle av signalen var 48,1 procent. Positiva pulsbredden var 0,163ms och negativa pulsbredden 0,176ms. Duty-cycle kan räknas ut enligt ekvationen

$$Duty\ cycle = \frac{\textit{positiva pulsbredd\textit{en}}}{\textit{totala periodtiden}} \cdot 100\% \quad [7]$$

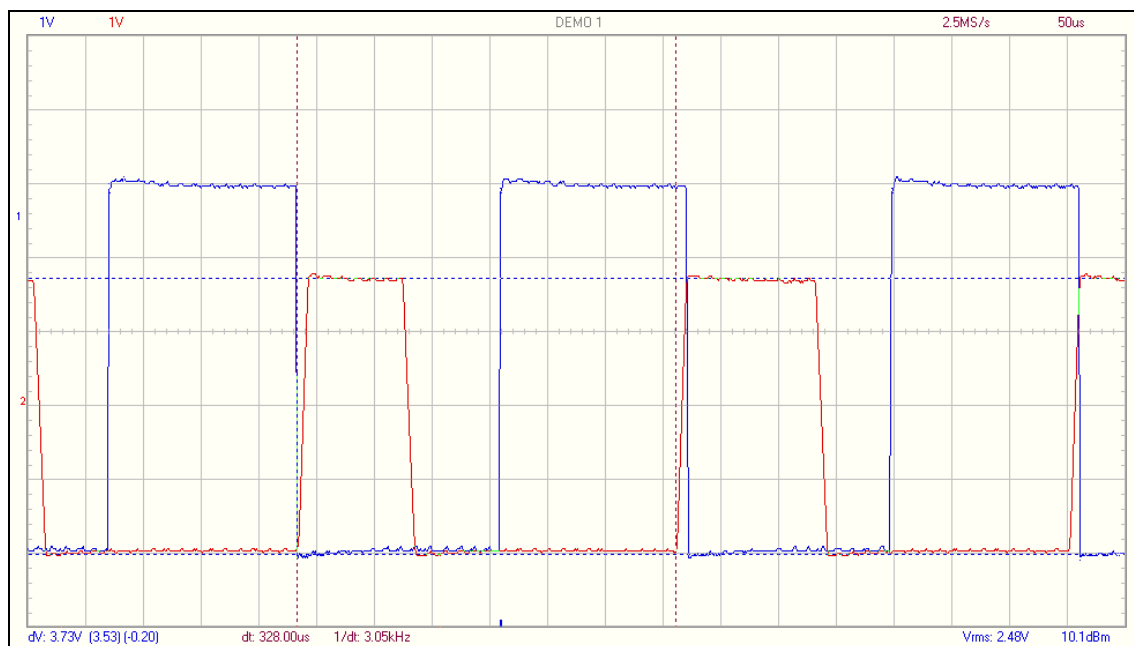
RF-länken testas hemma, inomhus och utan hinder då distansen mellan mottagaren och sändaren är en meter. Mottagarmodulens utgång visar sämre resultat än väntat. Den skickade 199,6Hz pulsen har sjunkit till 199,2Hz. Stig- och falltid var 0,008ms (8 $\mu$ s). Positiva pulsbredden var 2,35ms och negativa pulsbredden var 2,67ms resulterande en 35,7 procent duty-cycle. En 0,2ms tidsfördröjning kan mätas mellan sändarpulsen och mottagarpulsen. Den skickade 2,95kHz pulsen har stigit till 2,96kHz. Stigtiden var 0,007ms och falltiden var 0,008ms. Positiva pulsbredden var 0,111ms och negativa pulsbredden var 0,226ms resulterande en 32,9 procent duty-cycle. En 0,154ms tidsfördröjning kan mätas mellan sändarpulsen och mottagarpulsen.

Frekvensen vid mottagaren var ostabil vid både 200Hz och 2950Hz och variationen av pulsbredderna var ca.  $\pm 15\mu$ s som betyder i en 200 Hz kantvåg ett frekvenskast mellan 199,4Hz och 200,6Hz och i en 2950Hz kantvåg ett frekvenskast mellan 2825Hz och

3087Hz. I mätningarna betyder det en effektdämpning då man mäter vid en konstant frekvens. Det kunde visas med FFT-analys (Fast Fourier Transform) men pga. att FFT-analys ligger utanför arbetet, visas det inte. En jämförelse vid 200Hz och 2950Hz mellan sändarpulsen och den mottagna pulsen kan ses nedan i Figur 14 respektive Figur 15.



Figur 14. 200Hz signal vid sändaren (blå) och mottagaren (röd).

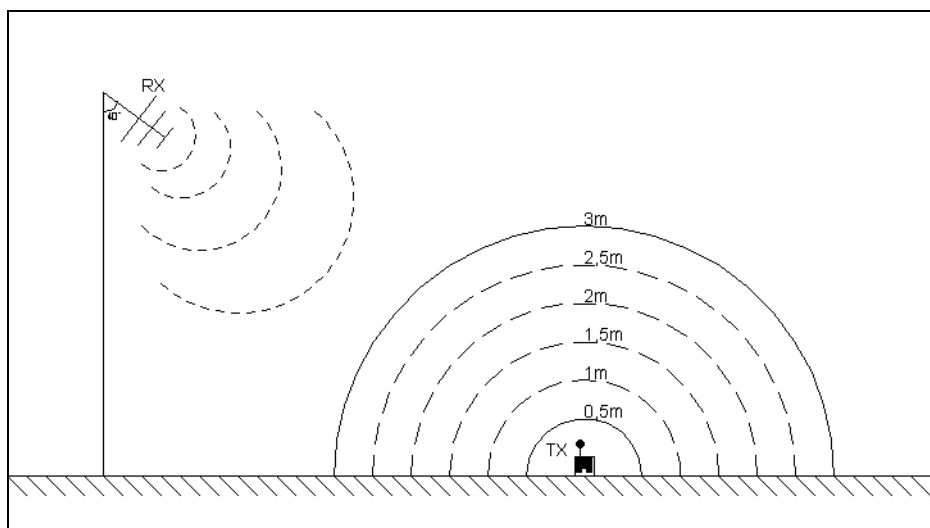


Figur 15. 2950Hz signal vid sändaren (blå) och mottagaren (röd).

Resultaten som nämns ovan är gjorda för att visa kvaliteten av den mottagna signalen dvs. för att se hur signalkvaliteten försämras då frekvensen ökas nära den nämnda maximala frekvensen för modulerna (se databladerna av sändar- och mottagarmodulerna).

### 3.2.1 Mätningarna

Enligt statistiken i kapitel 1, är det mycket viktigt att hitta lavinoffret inom 15 minuter som kunde uppnås med en lavinofferdetektor som opererar i fjärrfältet (en exakt riktning till offret kan omedelbart hittas) och har en tillräcklig räckvidd, t.ex. 200m eller mer. I det här arbetet testas en 433,92MHz RF-länk som består av en sändare med ASK-modulator och en mottagare med ASK-demodulator. RF-länkens snöpenetrationsförmåga mäts genom att placera 100cm till 300cm snö på sändaren i steg av 100cm då mottagaren var på en konstant avstånd från sändaren. Mottagarantennen var på ca. 6m avstånd och 5m höjd, resulterande en fallvinkel av  $-40^\circ$ , se Figur 16. Ur denna mätning kan dämpning som beror på av snö räknas ut. Dessutom mäts RF-länkens räckvidd då sändaren var under 100cm snö. Ur denna mätning kan dämpning som beror på av luft räknas ut.



Figur 16. Konstant avstånd med ökad snömängd.

Testen gjordes i terrängen på vårvintern 2010 som var en mycket snörik vinter.

### 3.2.2 Dämpning pga. luft

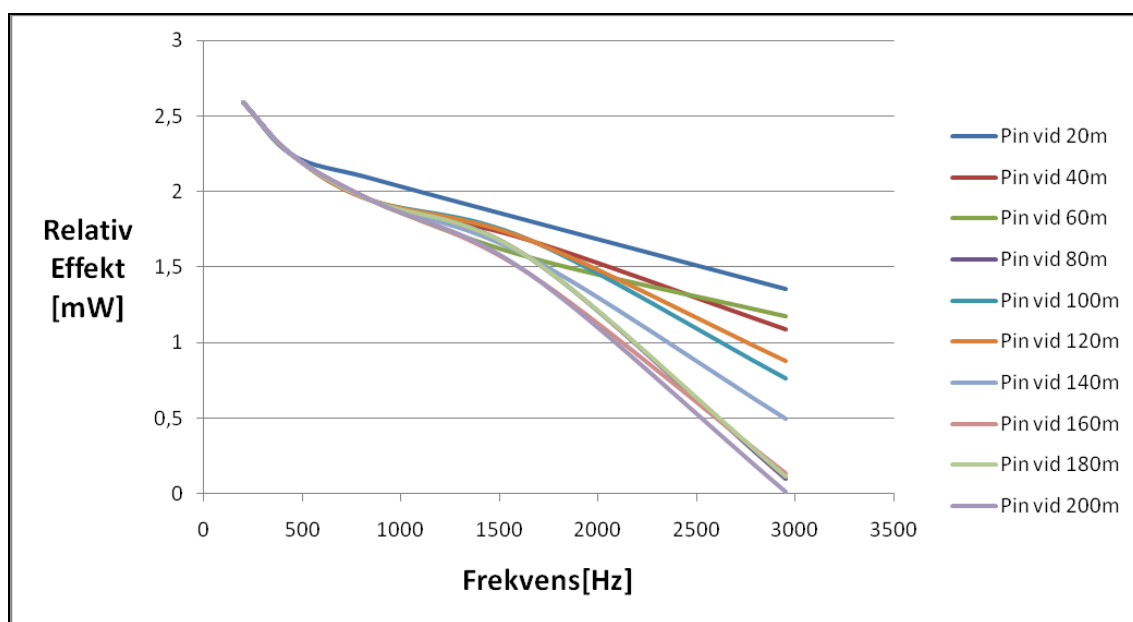
Första mätningen gjordes vid 20m till 200m från sändaren i steg av 20m då sändaren är under en meter snö. Resultatet och räkningar visar signalens dämpning som förorsakas av luft och möjligen andra atmosfäriska dämpningar. Dämpningen som förorsakas av snö kan inte räknas ur dessa mätningar pga. att snö mängden över sändaren är konstant.

Först mättes de mottagna signalernas styrkor i dBV (decibel i förhållande till 1 Volt) med oscilloskopets spektrumanalysator vid 20m – 200m i steg av 20m resulterande 10 mätningar. Vid varje mätpunkt uppmättes 200Hz, 450Hz, 850Hz, 1650Hz och 2950Hz signalernas signalstyrka. Mätningen gjordes på Vermo travbanas parkeringsområde. Denna mätning gjordes för att kunna avgöra den maximala räckvidden för lavinofferdetektorn vid en viss frekvens då sändaren är under en meter snö samt för att bestämma dämpningen av luft per meter. Signalstyrkorna i dBV omvandlades till en spänningsnivå enligt ekvationen

$$V(RMS) = 10^{\frac{dBV}{20}} \quad [8]$$

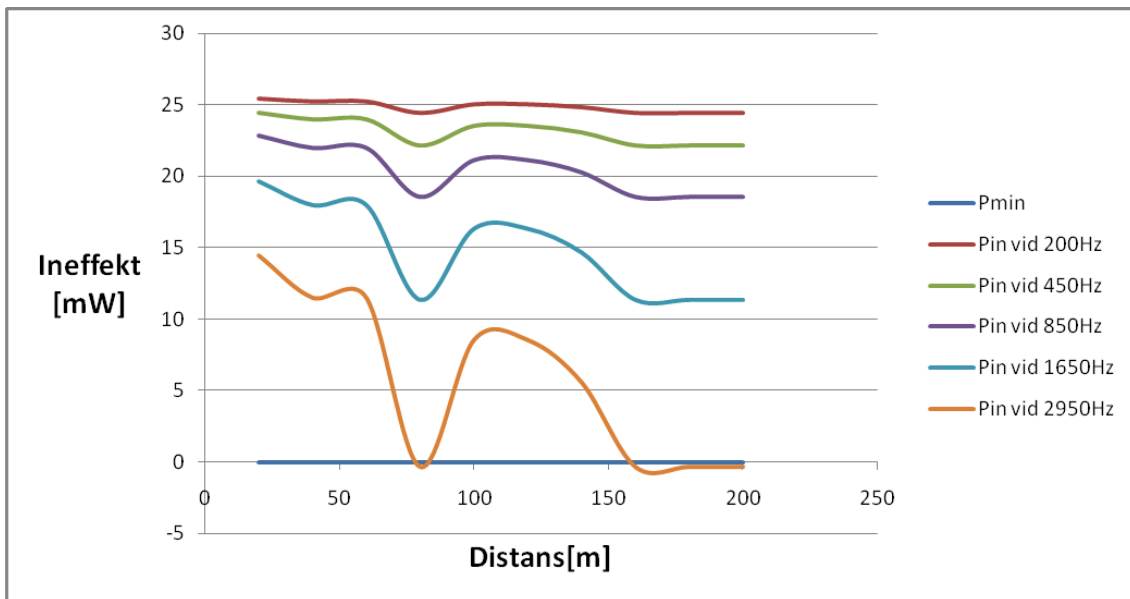
där dBV är nivån som mätts från oscilloskopet och V(RMS) (Root mean square) är effektivvärde som är det kvadratiska medelvärdet av spänningen över en viss tid. V(RMS) kvadreras till en spänningskvadrat ( $U^2$ ) för att få ett proportionellt förhållande till effekten P.

Efter att värden omvandlats till en spänningskvadrat, kan en graf enligt Figur 17 genereras.



Figur 17. Relativ effekt som funktion av frekvensen.

Ur Figur 17 kan man se hur signalen dämpas vid olika distanser då frekvensen ökar. En effektnivå under  $1,5V^2$  gör signalen oanvändbar som seriell dataöverföring pga. att pulser förloras. Ur figuren kan ses att frekvenser vid max. 1500Hz kunde användas vid 200m och allt högre än denna frekvens är oanvändbara för seriell dataöverföring. Figuren avslöjar att 200Hz frekvensen är överlägset den bästa tänkbara frekvensen med en mycket liten dämpning. Från värden som är använda för att generera Figur 17 kan en annan graf genereras, som visar ineffekt som funktion av distansen vid mottagaren i mW enligt Figur 18.



Figur 18. Ineffekt som funktion av distansen.

Ur Figur 18 kan man se att något underligt har skett vid 80m. Störningen uppkom högst sannolikt av någon typ av markvåg som är ett fysikaliskt fenomen. Teorin av vad och hur markvågor uppstår ligger utanför det här arbetet och förklaras därför inte noggrannare.

Ur Figur 18 ses att den mottagna effekten inte är nära 50mW som skulle vara mottagarantennförstärkningsfaktorns och sändarmoduleffektens produkt ( $4,98 \times$  uteffekten vid sändarantennen). Resultaten visar att den mottagna effekten är ca. 50 procent av 50mW som beror på av att effekten av sändarantennen inte strålar 100 procent mot mottagaren. I andra ord är sändarantennen inte riktad mot en viss riktning, utan den riktar mot två håll (se Figur 9) och därför delar sig effekten 50 procent mot vardera riktningen av den teoretiska förstärkta signalen.

Enlig den linjära ekvationen som skapats mha. regressionsanalys i Excel av värdena som använts för att skapa graferna ovan (se BILAGA 2), kan man bestämma en teoretisk räckvidd av de olika frekvenserna. Enligt ekvationerna i BILAGA 2 skulle den teoretiskt maximala räckvidden vara ca. 4,7km för 200Hz då sändaren är under en meter snö, ca. 2km vid 450Hz, ca. 1km vid 850Hz, ca. 450m vid 1650Hz och ca. 180m vid 2950Hz. Från Figur 18 kan ses att 2950Hz signalen dämpas mycket vid 80m som gör

frekvensen oanvändbar för lavinofferdetektorer. Räckvidden av de olika signalerna kan räknas enligt

$$S = \frac{P_{\min} - P_0}{\text{lutningen}} \quad [9]$$

där  $S$  är räckvidden i meter,  $P_{\min}$  är sensitiviteten av mottagarmodulen. Pga. förstärkningen av mottagarantennen är sensitiviteten för att kunna mottaga en signal vid mottagarmodulens ingång  $0,03\text{pW}/4,98$ (förstärkning av mottagarantennen) =  $0,006\text{pW}$  men som tidigare nämnt är ineffekten ca. 50 procent av den teoretisk förstärkta signalen som betyder att sensitiviteten av mottagaren är  $0,012\text{pW}$ ,  $P_0$  är en teoretisk proportionell ineffekt då avståndet mellan mottagare och sändare är  $0\text{m}$  enligt Figur 18. Ett genomsnittvärde av  $P_0$  är  $2,62$ , där värdet  $2,62$  är spänningskvadraten i förhållande till effekten. Lutningen är lutningen av den valda frekvensen som har anpassningsnoggrannheten enligt BILAGA 2. Som exempel kan en  $2950\text{Hz}$  signals maximala räckvidd räknas ut enligt

$$S = \frac{0,012 \cdot 10^{-11} \text{mW} - 14,4259 \text{mW}}{-0,0778} \approx 185 \text{m} \quad [10]$$

då den linjära ekvationen för  $2950\text{Hz}$  är enligt ekvationen nedan.

$$P_{\text{invid}2950\text{Hz}} = -0,0778 \cdot S + 14,4259 \quad [11]$$

Då värden av Figur 18 används och vi har sändarens uteffekt, mottagarantennens förstärkning och ineffekten vid mottagaren, kan vi räkna ut en dämpning som förorsakas av luften samt omgivningen.

Genom att vi vet den linjära förstärkningen av mottagarantennen ( $4,98$ ) och  $P_0$  ( $2,62$ ), kan vi räkna ut hur mycket en meter luft dämpar signalen pga. absorption enligt resultaten från mätningen vid  $20 - 200\text{m}$ . En meter luft dämpar den oförstärkta signalen enligt



$$A = A_0 \cdot e^{-\lambda_{luft} \cdot S} \quad [12]$$

där A är den procentuella effektförlusten,  $A_0$  är effekten som skickas ut (100 procent),  $\lambda$  är en konstant och S är distansen till sändaren. Konstanten  $\lambda$  vid 1m räknas ut enligt

$$\lambda_{luft} = -\frac{\ln\left(\frac{A}{A_0}\right)}{S} \quad [13]$$

där  $A = (\text{antennförstärkning} - P_0) / \text{antennförstärkning} = (4,98 - 2,6226) / 4,98 = 0,4734$  och  $A_0=1$  och  $S=1$ . Då får vi att  $\lambda_{luft}=0,7478$ . Då vi vet konstanten  $\lambda_{luft}$ , kan vi räkna ut hur mycket effekt som mottas före förstärkning. Ineffekten ( $P_{in}$ ) vid 200Hz och 20m är 25,4259mW samt vid 200Hz och 60m, 25,2259mW. Då vi vet det kan vi räkna ineffekten före förstärkningen vid 20m och 60m enligt.

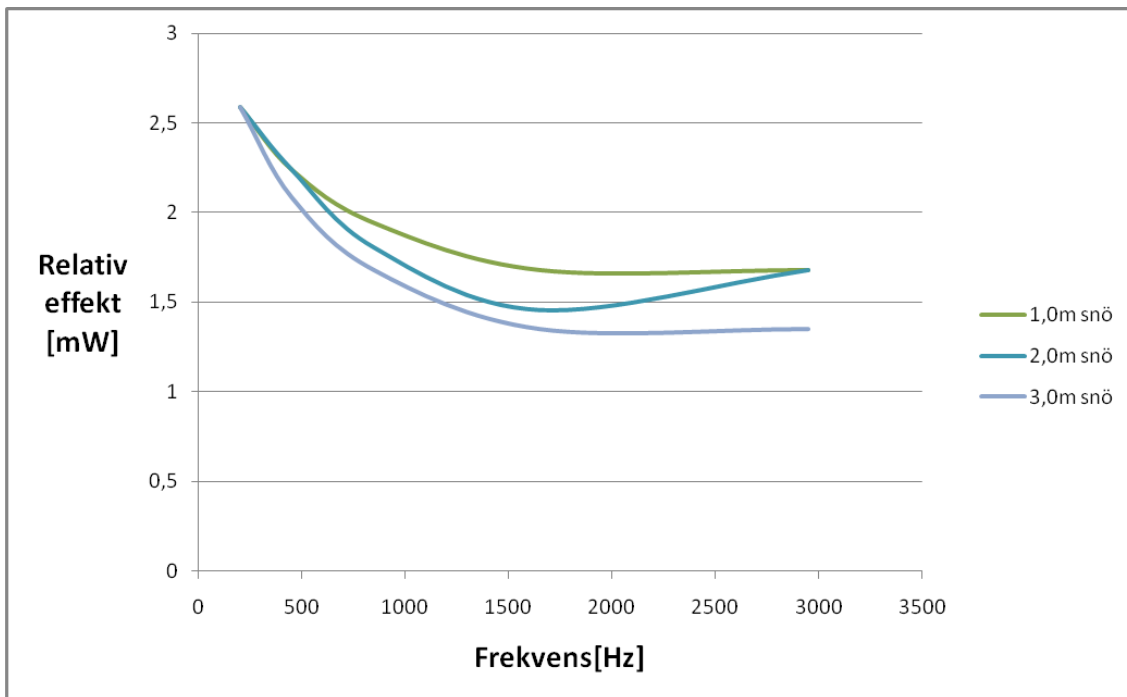
$$P_{Utanf} = P_{in} \cdot e^{-\lambda_{luft} \cdot S} \quad [14]$$

Effekten före förstärkning skulle då vara vid 20m, 12,0360mW och vid 60m, 11,9413mW. Dämpningen som förorsakas av luft mellan 20m och 60m är 12,0360mW – 11,9413mW = 0,0947mW per 40m som skulle vara 0,0024mW/m. För att räkna en realistisk dämpning per meter, används mätpunkterna vid 20m, 60m, 100m och 140m. Dämpningen i luft stämmer då effekterna vid 20m, 60m, 100m och 140m jämförs vid 200Hz. Vid 2950Hz är dämpningen 0,0349mW/m. Dämpningen är ca. 15 gånger större vid 2950Hz då man jämför till 200Hz signalens dämpning i luft. Alla frekvensers dämpningar kan ses i BILAGA 2.

### 3.2.3 Dämpning pga. snö

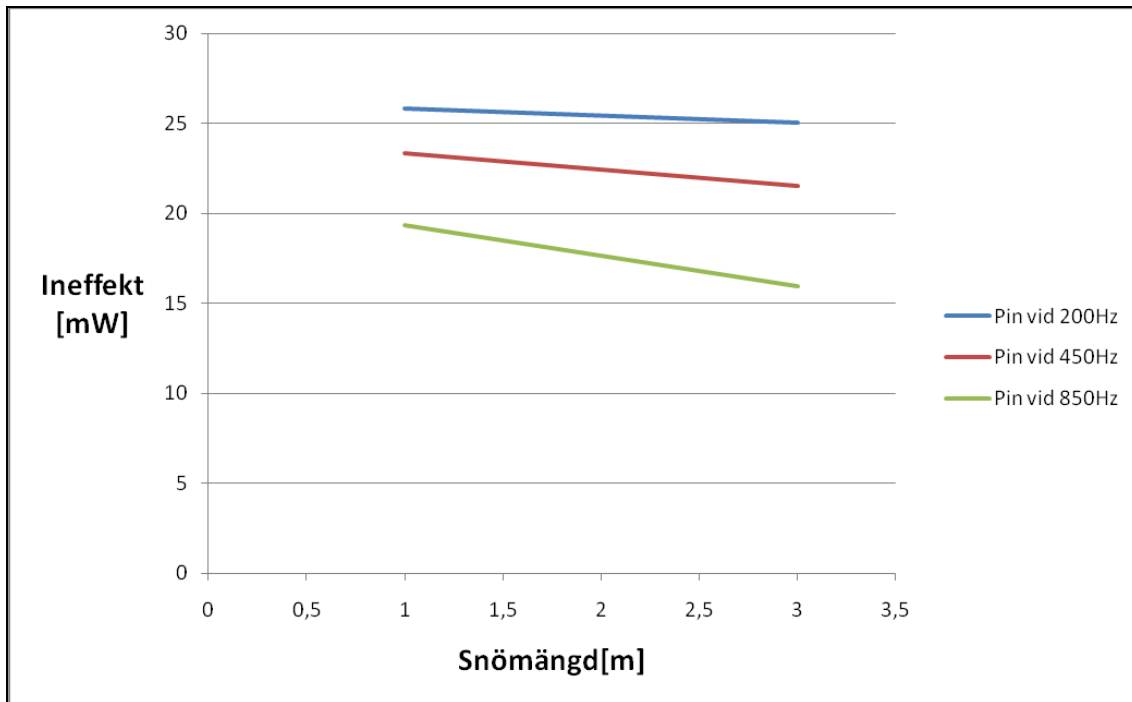
Mätningen enligt Figur 16 görs för att bestämma dämpningen som förorsakas av snö. Som tidigare nämnt görs mätningarna från en konstant distans från sändaren då snömängden på sändaren ökas från en meter till tre meter i steg av en meter. Metoderna

som nämndes i kapitel 3.1 används också i denna mätning. Signalnivån mättes i dBV vid alla snömängder med frekvenserna 200Hz, 450Hz, 850Hz, 1650Hz och 2950Hz. En graf enligt Figur 19 kan ritas efter att signalnivåerna omvandlats till spänningskvadrater.



Figur 19. Relativ effekt som funktion av frekvensen.

Ur Figur 19 kan ses att signalnivåerna vid 2950Hz vid de olika snömängderna är ostabila samt signalnivåerna börjar öka efter 1650Hz vilket kunde bero av samma fysikaliska fenomen (markvåg) som i den första mätningen. För att få en realistisk dämpning, bestämdes att frekvenser upp till 850Hz används i dessa räkningar. För att räkna ut dämpningen i snö per meter, används värden vid 1m, 2m och 3m. Efter att lutningen av de olika mätta värden räknats, kan en graf ritas enligt



Figur 20. Ineffekt som funktion av snömängd.

där lutningen vid de olika frekvenserna kan skrivas enligt

$$P_{in200Hz} = -0,4 \cdot S + 26,232 \quad [15]$$

$$P_{in450Hz} = -0,9 \cdot S + 24,232 \quad [16]$$

$$P_{in850Hz} = -1,7 \cdot S + 21,032 \quad [17]$$

Den teoretiskt maximala mängden av snö mellan mottagare och sändare är ca. 66m vid 200Hz, ca. 27m vid 450Hz och ca. 12m vid 850Hz. Konstanten för att bestämma dämpningen i snö räknas ut enligt

$$\lambda_{snö} = -\frac{\ln\left(\frac{A}{A_0}\right)}{S} \quad [18]$$

där  $A = (\text{Antennförstärkning}(4,98) - P_0 (2,7832)) / \text{antennförstärkning}$ .  $P_0$  är en teoretisk proportionell ineffekt då avståndet mellan mottagaren och sändaren är 0 meter enligt Figur 19.  $A_0$  är uteffekten (1) som betyder 100 procent och  $S$  är mängden snö (1m). Med dessa värden är  $\lambda_{snö} = 0,8184$ . Nu kan vi räkna den oförstärkta signalens effekt vid en meter snö enligt

$$P_{Utanf} = P_{in} \cdot e^{-\lambda_{snö} \cdot S} \quad [19]$$

Då  $P_{in}$  vid 200Hz och 1m är 25,8317mW och  $P_{in}$  vid 2m är 25,4317mW är dess oförstärkta effekt 11,3950mW vid en meter och 11,2185mW vid 2m. Då kan vi rakt räkna ut dämpningen av en meter snö enligt  $P_{1m} - P_{2m} = 11,3950mW - 11,2185mW = 0,1765mW/m$ . Denna dämpning stämmer också mellan 2m och 3m mätpunkterna. Dämpningen av snö vid 850Hz är 0,7499mW/m som är ca. 4 gånger större än dämpningen vid 200Hz.

### 3.2.4 Summering av resultaten

Enligt mätresultaten och räkningarna är dämpningen som förorsakas av snö ca. 74 gånger större än dämpningen som förorsakas av luft. Då resultaten av dämpning som förorsakas av luft och resultaten av dämpning som förorsakas av snö används tillsammans, kan vi räkna en teoretisk räckvidd för RF-länken vid 200Hz, 450Hz och 850Hz. Vi antar att uteffekten av sändaren är ca. 12,2859mW (sändarmodulens uteffekt + antennförstärkning av sändaren) enligt BILAGA 2. Vi antar att en snölav har begravt sändaren under 10m snö och vi vill veta räckvidden för RF-länken. Den teoretiskt maximala räckvidden då sändaren är under 10m snö kan räknas ut enligt

$$P_{min} = -\text{Dämpningen av } x \text{ meter luft} + \text{effekten efter 10m snö} \quad [20]$$

$$P_{min} = -0,0024 \cdot S_{luft} + (-0,1765 \cdot S_{snö} + P_{ut}) \quad [21]$$

där  $P_{min}$  är  $0,012 \cdot 10^{-11}$  mW. Den teoretiska räckvidden skulle vara

$$S_{luft} = \frac{0,012 \cdot 10^{-11} - (-0,1765 \cdot 10 + 12,2859)}{-0,0024} \approx 4383m \quad [22]$$

Resultatet visar att mottagaren kunde befinna sig ca. 4383m ifrån sändaren.

Två av målen i arbetet var att kunna mottaga signalen vid 200m då sändaren är under 1m snö och att sändaren kunde penetrera över 3m snö. Den maximala snömängden kan räknas ut då räckvidden är 200m vid 200Hz enligt ekvationerna nedan.

$$P_{\min} = -(dämp.snö / m) \cdot S_{snö} + (-(dämp.luft / m) \cdot 200m + P_{ut}) \quad [23]$$

$$P_{\min} = -0,1765 \cdot S_{snö} + (-0,0024 \cdot 200 + 12,2859) \quad [24]$$

$$S_{snö} = \frac{0,012 \cdot 10^{-11} - (-0,0024 \cdot 200 + 12,2859)}{-0,1765} \approx 67m \quad [25]$$

Då uteffekten är 12,2859mW kan mängden snö mellan mottagare och sändare räknas enligt ekvationen nedan.

$$S_{snö} = \frac{0,012 \cdot 10^{-11} - 12,2859}{-0,1765} \approx 70m \quad [26]$$

## 4 FÖRBÄTTRINGAR

Förbättringar i arbetet är naturligtvis att kunna mäta distans och riktning till sändaren samt att kunna implementera en mottagare till sändarkretsen och en sändare till mottagarkretsen. Pulserna som sänds, borde sändas i intervaller som t.ex. 10 pulser per sekund så att kretsen skulle klara av tidsspecifikationerna i ETS 300718 standarden. Kretsen borde dessutom sova då man inte sänder något för att maximera sändningstiden. Idén om att ha en id i signalen som sänds för att kunna lokalisera flera offer samtidigt kunde utföras genom att skicka t.ex. rs-232 standardiserade tecken eller enklare en binär pulssträng av t.ex. 8-bit (255 olika id exkluderande id 0).

En utredning av störningarna som befann sig i båda mätningarna borde göras för att t.ex. kunna förbättra mottagarantennens strålningsform mha. att t.ex. justera på längden av elementen i mottagarantennen.

Mera mätningar borde utföras i olika förhållanden t.ex. i olika temperaturer, olika snötyper (fuktig snö, fuktig packad snö, torr pudersnö osv.) och olika omgivningar (skog, bergsterräng osv.).

PIC mikrokontrollern vid mottagarkretsen borde programmeras för att kunna ta mätningar från den mottagna signalen för att t.ex. kunna räkna ut  $V(\text{RMS})$  värde. Detta kräver dock att mikrokontrollerns A/D (Analog til Digital omvandlare) är tillräckligt snabb för att mäta noggranna ändringar i signalen. Då skulle man möjligtvis kunna räkna ut distansen till mottagaren.

Den beskrivna lavinofferdetektortekniken i kapitel 1.1 är en beaktansvärd teknik för att leta efter lavinoffer, men ETS 300718 standarden har gjort denna teknik mycket svår att uppgraderas till modernare och bättre sätt att leta efter lavinoffer. Om standarden skulle ändras t.ex. så att modulationsfrekvensen av den 457kHz bärvågen skulle vara högre än den för tillfället standardiserade ca. 1Hz frekvensen, kunde den skickade signalen innehålla t.ex. en id för att lätta till att söka flera offer samtidigt med den digitala lavinofferdetektorn. Denna id informationen i signalen skulle möjligen inte påverka den analoga mottagaren att operera som den nu gör

## **5 SLUTORD**

Pålitligheten av räknresultaten som visas i arbetet stämmer mycket bra överens under de förhållanden som använts i mätningarna. Med förhållanden menas luftfuktighet, snöfuktighet, omgivning, distanser osv. Som nämndes tidigare i föregående kapitel, borde flere mätningar göras i olika förhållanden och den reala maximala räckvidden samt mängden snö borde mätas för att få mer pålitliga resultat i det teoretiska område som har räknats i det här arbetet.

Enligt resultaten kunde en Quasar Uk 433,92MHz ASK RF-länk fungera mycket bra i en lavinofferdetektor. Enligt resultaten klara RF-länken av det som var syftet i det här arbetet. Dämpningen pga. snö kunde räknas ut och målet samt förväntningarna av resultaten klarades av med ett bättre resultat än väntat. Enligt resultaten var 200Hz modulationsfrekvensen den bästa modulationsfrekvensen jämfört med de andra modulationsfrekvenserna.

Slutsatsen är att RF-länken som använts i arbetet kunde teoretiskt användas i en lavinofferdetektor med 200Hz modulationsfrekvens vid distanser över 200m och snömängder över 3m med förutsättningen att batteriet av sändarkretsen skulle hålla en längre tid så att ETS 300718 standardens krav skulle uppfyllas. I praktiken klara RF-länken att mottaga signalen vid distansen up till 200m då sändaren är under en meter snö. RF-länken klarar också av att mottaga signalen då distansen är ca. 6m då sändaren är under 3m snö.

## KÄLLOR

Mary Ann Liebert, inc. publishers – The Leading Publisher in Biotechnology. Pattern and severity of injury in avalanche victims.

<http://www.liebertonline.com/doi/abs/10.1089/ham.2006.0815>

ICT Technologies - Network for capacity building and knowledge exchange in ICT policy, regulation and applications. Amplitude Shift Key Modulation.

<http://cbdd.wsu.edu/kewlcontent/cdoutput/TR502/page47.htm>

Felix Meier, Girsberger Elektronik AG. European Law and Standards Affecting Avalanche Beacons. Hämtat 18.3.2010. Publicerat 1.1.2001. [http://www.girsberger-elektronik.ch/media/documents/publikationen\\_standards\\_2000.pdf](http://www.girsberger-elektronik.ch/media/documents/publikationen_standards_2000.pdf)

J. Hereford and B. Edgerly. 457 KHz Electromagnetism and the future of avalanche transceivers. Hämtat 18.3.2010. Presenterat vid ISSW 2000.

[http://www.backcountryaccess.com/german/documents/457andFuture\\_000.pdf](http://www.backcountryaccess.com/german/documents/457andFuture_000.pdf)

K. Weston and M. Blarowski, AviTrans - Tracker100. Publicerat 28.7.2006

[http://www.ece.uvic.ca/~mblarows/ELEC499/documents/ELEC499\\_Final\\_Report-r1.pdf](http://www.ece.uvic.ca/~mblarows/ELEC499/documents/ELEC499_Final_Report-r1.pdf)

Avalanche – Wikipedia, the free encyclopedia. Senast modifierad 22.3.2010.

<http://en.wikipedia.org/wiki/Avalanche#Beacons>

European Telecommunication Standard, ETS 300718. Publicerat I mars 1997.

[http://www.etsi.org/deliver/etsi\\_i\\_ets/300700\\_300799/300718/01\\_60/ets\\_300718e01p.pdf](http://www.etsi.org/deliver/etsi_i_ets/300700_300799/300718/01_60/ets_300718e01p.pdf)

K. Smith, RFM Antennas for low power applications, okänd publikationsdatum.

<http://www.rfm.com/corp/appdata/antenna.pdf>

Antenna types – Yagi. Hämtat 30.3.2010.

<http://www.signalengineering.com/ultimate/yagi.html>

M. Stanford, RECCO on the highway. Publicerat 3.1.1994. Hämtat 5.4.2010.

<http://www.avalanche.org/~moonstone/TAR/avi%20review%20articles/RECCO%20on%20the%20Highway.htm>

D. Jefferies, Yagi-uda antennas. Publicerats 13.10.2004. Hämtat 14.4.2010.

<http://personal.ee.surrey.ac.uk/Personal/D.Jefferies/yagiuda.html>

Örnmark, Michaela. 2002. Skribentguide. Arcada – Nylands svenska yrkeshögskola. 34s.



# **BILAGOR**

BILAGA 1.KOMPONENTLISTA

SIDA [1/1]

## **VIKTIGASTE KOMPONENTER SOM ÅTMINSTONE BEHÖVS:**

### **SÄNDARE**

1x 5v Regulator (7CH022H), modell SOT-223

1x PIC12F675, modell SOIC-4

1x Quasar UK QAM-TX1, modell MODUL

### **MOTTAGARE**

1x 5v Regulator (7CH022H), modell SOT-223

1x Quasar UK QAM-RX2, modell MODUL

1x PIC12F675, modell SOIC-4 (Behövs för att förbättra funktionalitet)

**DÄMPNING SOM FÖRORSAKAS AV LUFT****Uppmätta dBV nivåer (20-200m):**

	200Hz	450Hz	850Hz	1650Hz	2950Hz
<b>dBV@20m</b>	4,13	3,50	3,19	2,56	1,31
<b>dBV@40m</b>	4,13	3,50	2,88	2,25	0,38
<b>dBV@60m</b>	4,13	3,50	2,88	1,94	0,69
<b>dBV@80m</b>	4,13	3,50	2,88	1,94	-9,94
<b>dBV@100m</b>	4,13	3,50	2,88	2,25	-1,19
<b>dBV@120m</b>	4,13	3,50	2,88	2,25	-0,56
<b>dBV@140m</b>	4,13	3,50	2,88	1,94	-3,06
<b>dBV@160m</b>	4,13	3,50	2,88	1,63	-8,69
<b>dBV@180m</b>	4,13	3,50	2,88	1,94	-9,31
<b>dBV@200m</b>	4,13	3,50	2,88	1,63	-19,00

**Uträknade Spänningskvadrater ur tabellen ovan ( $10^{(dBV/20)}$ )<sup>2</sup>:**

	Pin vid 200Hz	Pin vid 450Hz	Pin vid 850Hz	Pin vid 1650Hz	Pin vid 2950Hz
<b>20m</b>	2,5882	2,2387	2,0845	1,8030	1,3521
<b>40m</b>	2,5882	2,2387	1,9409	1,6788	1,0914
<b>60m</b>	2,5882	2,2387	1,9409	1,5631	1,1722
<b>80m</b>	2,5882	2,2387	1,9409	1,5631	0,1014
<b>100m</b>	2,5882	2,2387	1,9409	1,6788	0,7603
<b>120m</b>	2,5882	2,2387	1,9409	1,6788	0,8790
<b>140m</b>	2,5882	2,2387	1,9409	1,5631	0,4943
<b>160m</b>	2,5882	2,2387	1,9409	1,4555	0,1352
<b>180m</b>	2,5882	2,2387	1,9409	1,5631	0,1172
<b>200m</b>	2,5882	2,2387	1,9409	1,4555	0,0126

**Linjära Ekvationer ur Figur 17 (luft):**

$$P_{in} \text{ vid } 20m = -0,0004 \cdot f + 2,6226 (\text{anpassningsnoggrannhet}=95,09\%)$$

$$P_{in} \text{ vid } 40m = -0,0005 \cdot f + 2,6226 (\text{anpassningsnoggrannhet}=95,54\%)$$

$$P_{in} \text{ vid } 60m = -0,0005 \cdot f + 2,6226 (\text{anpassningsnoggrannhet}=92,98\%)$$

$$P_{in} \text{ vid } 80m = -0,0009 \cdot f + 2,6226 (\text{anpassningsnoggrannhet}=97,66\%)$$

$$P_{in} \text{ vid } 100m = -0,0006 \cdot f + 2,6226 (\text{anpassningsnoggrannhet}=97,54\%)$$

$$P_{in} \text{ vid } 120m = -0,0006 \cdot f + 2,6226 (\text{anpassningsnoggrannhet}=97,26\%)$$

$$P_{in} \text{ vid } 140m = -0,0007 \cdot f + 2,6226 (\text{anpassningsnoggrannhet}=98,65\%)$$

$$P_{in} \text{ vid } 160m = -0,0009 \cdot f + 2,6226 (\text{anpassningsnoggrannhet}=98,94\%)$$

$$P_{in} \text{ vid } 180m = -0,0009 \cdot f + 2,6226 (\text{anpassningsnoggrannhet}=98,94\%)$$

$$P_{in} \text{ vid } 200m = -0,0009 \cdot f + 2,6226 (\text{anpassningsnoggrannhet}=98,60\%)$$

$f$  = Frekvensen i Hz.

**Linjära ekvationer ur Figur 18 (luft):**

$$P_{in} \text{ vid } 200\text{Hz} = -0,0053 \cdot S + 25,4259 (\text{anpassningsnoggrannhet}=65,72\%)$$

$$P_{in} \text{ vid } 450\text{Hz} = -0,0119 \cdot S + 24,4259 (\text{anpassningsnoggrannhet}=65,72\%)$$

$$P_{in} \text{ vid } 850\text{Hz} = -0,0224 \cdot S + 22,8259 (\text{anpassningsnoggrannhet}=65,72\%)$$

$$P_{in} \text{ vid } 1650\text{Hz} = -0,0435 \cdot S + 19,6259 (\text{anpassningsnoggrannhet}=65,72\%)$$

$$P_{in} \text{ vid } 2950 \text{ Hz} = -0,0778 \cdot S + 14,4259 (\text{anpassningsnoggrannhet}=65,72\%)$$

S = Sträcka mellan sändare och mottagare.

Resultaten gäller då sändaren är under 1m snö och vid ett relativt öppet område.

**DÄMPNINGEN SOM FÖRORSAKAS AV SNÖ****Uppmätta dBV nivåer (1-3m snö):**

	200Hz	450Hz	850Hz	1650Hz	2950Hz
dBV@1m	4,13	3,50	2,88	2,25	2,25
dBV@2m	4,13	3,50	2,56	1,63	2,25
dBV@3m	4,13	3,19	2,25	1,31	1,31

**Uträknade Spänningskvadrater ur tabellen ovan ( $10^{(dBV/10)}$ )<sup>2</sup>:**

	200Hz	450Hz	850Hz	1650Hz	2950Hz
1,0m	2,5882	2,2387	1,9409	1,6788	1,6788
2,0m	2,5882	2,2387	1,8030	1,4555	1,6788
3,0m	2,5882	2,0845	1,6788	1,3521	1,3521

**Linjära ekvationer ur Figur 19 (snö):**

$$P_{in} \text{ vid } 1\text{m} = -0,0010 \cdot f + 2,7422 (\text{anpassningsnoggrannhet}=96,85\%)$$

$$P_{in} \text{ vid } 2\text{m} = -0,0012 \cdot f + 2,8085 (\text{anpassningsnoggrannhet}=99,52\%)$$

$$P_{in} \text{ vid } 3\text{m} = -0,0014 \cdot f + 2,7988 (\text{anpassningsnoggrannhet}=96,26\%)$$

**Linjära ekvationer ur Figur 20 (snö):**

$$P_{in} \text{ vid } 200\text{Hz} = -0,4 \cdot S + 26,232 (\text{anpassningsnoggrannhet}=100\%)$$

$$P_{in} \text{ vid } 450\text{Hz} = -0,9 \cdot S + 24,232 (\text{anpassningsnoggrannhet}=100\%)$$

$$P_{in} \text{ vid } 850\text{Hz} = -1,7 \cdot S + 21,032 (\text{anpassningsnoggrannhet}=100\%)$$

**RÄKNERESULTATER**

**Ineffekter före förstärkning av mottagarantennen (Resultat av dämpning som beror på av luft):**

	Pinuf20m	Pinuf60m	Pinuf100m	Pinuf140m
<b>200Hz</b>	12,0360	11,9413	11,8466	11,7520
<b>450Hz</b>	11,5626	11,3496	11,1366	10,9236
<b>850Hz</b>	10,8052	10,4029	10,0005	9,5981

**200Hz:**

$P_{invid0m} = P_{invid1m} + P_{förlusterav1msnö} = (-0,0028 * 1 + 11,112) + 0,1767 = \underline{\underline{12,2859mW}}$   
 (anpassningsnoggrannhet=97,30%)

**450Hz:**

$P_{invid0m} = P_{invid1m} + P_{förlusterav1msnö} = (-0,0064 * 1 + 11,733) + 0,3976 = \underline{\underline{12,1242mW}}$   
 (anpassningsnoggrannhet=97,30%)

**850Hz:**

$P_{invid0m} = P_{invid1m} + P_{förlusterav1msnö} = (-0,0121 * 1 + 11,127) + 0,7510 = \underline{\underline{11,8659mW}}$   
 (anpassningsnoggrannhet=97,30%)

**Ineffekter före förstärkning (Resultat av dämpning som beror på av snö):**

	<b>Pinuf1m</b>	<b>Pinuf2m</b>	<b>Pinuf3m</b>
<b>200Hz</b>	11,4116	11,2349	11,0582
<b>450Hz</b>	10,3072	9,9096	9,5120
<b>850Hz</b>	8,5401	7,7891	7,0381

**Dämpning av luft är: (denna förlust är räknad från  $P_{in}$  före förstärkningen)**

0,0024mW/m vid 200Hz

0,0053mW/m vid 450Hz

0,0101mW/m vid 850Hz

0,0195mW/m vid 1650Hz

0,0349mW/m vid 2950Hz

**Dämpning av snö är: (denna förlust är räknad från  $P_{in}$  före förstärkningen)**

0,1765mW/m vid 200Hz

0,3970mW/m vid 450Hz

0,7499mW/m vid 850Hz

**Effektsensitivitet vid mottagaren**

$P_{min} = 0,03 \times 10^{-11} \text{mW}$  (utan förstärkning)

$P_{min} = 0,012 \times 10^{-11} \text{mW}$  (då mottagarantennen förstärkning)