

Hoogte en snelheidsmeter met Arduino

Toelichting

De eerste suggestie voor het maken van beide meetsystemen kreeg ik van Egbert Veldhuizen (CAMO).

In zijn ontwerp is het één apparaat, dus voor zowel hoogte- als snelheidsmeters. In overleg met Ron Ruth en Wil Koumans heb ik besloten er twee apparaten van te maken.

De Hoogtemeter

De originele sketch is van hpaqfelcd en gebruikt de drukopnemer BMP180.

Voor de hoogtemetersensor heb ik ook gekozen voor een BMP180 (omdat ik die toch had liggen), maar een BMP280 kan natuurlijk ook (zie hierover meer bij de snelheidsmeter). Let op: de BMP180 is in 2 uitvoeringen: een voor 3,3V en een voor 5V.

De BMP180 is nauwkeurig genoeg voor hoogtemeting. Jammer genoeg moet je zelf een huisje maken met slangaansluiting waar die luchtdicht in past.



Ik heb het huis op de club-draaibank gemaakt van kunststof. Mijn grootste probleem was de doorvoer van de 4 draden. Het is best lastig om dat luchtdicht te krijgen vooral bij hogere onderdrukken (5000 m). Je moet hier dus wel wat aandacht aan besteden! De sensor gaat uit van de ICAO standaardatmosfeer 1013

hPa (in de fabriek ingeprogrammeerd).

De sensor werkt via het I2C-protocol.

Als display is een gewoon 2-regelig LCD-display mogelijk.

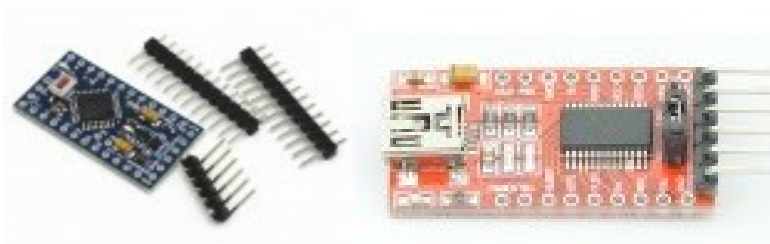
Ik heb gekozen voor een fraaiere uitvoering (voor de prijs hoeft je het niet te laten).

Het is een (2,2 inch) kleuren-display. (zie beneden waar je de onderdelen redelijk goedkoop kunt krijgen).

Nadeel is dat zowel de BMP180 en BMP280 als het display op 3,3 V werkt.

Om het display op een Uno of Nano aan te sluiten moeten spanningsdelers gebruikt worden (1k2 en 2,2k).

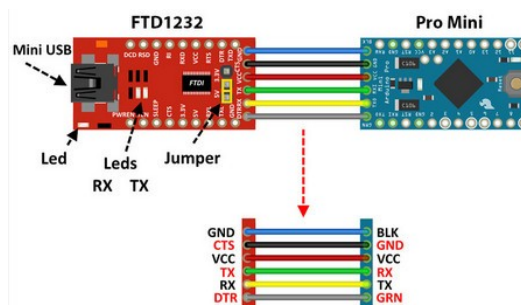
Dit is te voorkomen door een Pro Mini 3,3 V te gebruiken.



De sensor en het display kunnen dan direct worden aangesloten. Het geheel is dan zeer compact en kan eenvoudig op gaatjesbord worden gesoldeerd.

Een nadeel is dat je een FTDI232 nodig hebt om de Mini

te programmeren maar dat werkt eenvoudig en goed.



Hoogte en snelheidsmeter met Arduino

Ik heb het programma uitgebreid met de QFE (field elevation) en QNH. Deze worden op het display aangegeven.

Op het display wordt dus aangegeven:

QFE. Dit is de druk op veldhoogte. De veldhoogte wordt ingesteld dmv een rotary encoder. In het programma kan een vaste waarde opgegeven worden die alsnog met de encoder veranderd kan worden. Bij de ELZC heb ik bijv. 57 m ingesteld. Hoef je de hoogte niet te veranderen, dan kan in het programma de juiste hoogte opgegeven worden, zodat de rotary encoder kan vervallen.

Voor iedere plaats in Nederland is de exacte hoogte te vinden op de AHN-viewer (Algemene Hoogte Nederland). Op het display wordt dus aangegeven:

1. De veldhoogte
2. QFE
3. QNH
4. De variabele hoogte (in mijn geval tot 5000 m) (afhankelijk van de gebruikte zuigpomp).

De hoogte wordt berekend volgens de volgende formule:

$$h = 44330 \left(1 - \left(\frac{p}{p_0} \right)^{5,255} \right)$$

Hierin is p = druk op hoogte h en p_0 = druk op veldhoogte.

Als de hoogte groter wordt dan 10 m verkleurt de QNH naar rood waardoor dan ook de echte QNH niet meer klopt.



Er kunnen meerdere hoogtemeters parallel aangesloten worden.

De software is opensource en is dus door iedereen te gebruiken.

Arduino werkt erg makkelijk en er zijn zeer veel libraries waar je gebruik van kunt maken bij het programmeren. In de header van het programma staat welke libraries aanwezig moeten zijn. Startpunt is <https://www.arduino.cc/>. Arduino levert zelf veel libraries en op github vind je er ook veel.

Als zuigpomp was op de club (ELZC) een pomp aanwezig die tot 5000 m gaat.

Helaas kan ik niet vinden waar die vandaan kwam.

Met Ron Ruth heb ik een handleiding gemaakt voor het gebruik van de hoogtemeter. Ron heeft een meetblad gemaakt waarop de gegevens ingevuld kunnen worden.

Hoogte en snelheidsmeter met Arduino

De snelheidsmeter

Hier had ik een groot probleem met de oorspronkelijke versie. Twee drukopnemers type MPVX5004G had ik besteld in China via Aliexpress. Deze zijn echter nooit geleverd en mijn geld is weg!

De leverancier heeft het compleet laten afweten. Daarom koop ik mijn spullen in Nederland (mijn favoriet is Tinytronics in Eindhoven).

De sensor was toen ook nergens elders te krijgen (waarschijnlijk zijn ze gebruikt voor de beademings-apparatuur voor Covid-patienten). Achteraf ben ik er ook niet rouwig om omdat de sensor maar een 8-bits sensor is. De genoemde sensor heeft dan een oplossingsvermogen van ca. 12 m, wat ik niet voldoende vind.

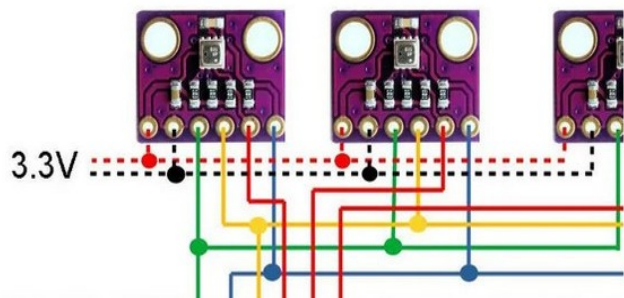
Daarom heb ik besloten het anders aan te pakken met behulp van 2 BMP280-sensoren. Ook deze hebben 3,3 V nodig! De sensor is erg nauwkeurig en is een 16-bits sensor. Bovendien kun je verschillende filters instellen, bijv. het aantal oversamplings.

Eén sensor blijft op omgevingsdruk, de ander wordt aangesloten op de **statische** aansluiting van snelheidsmeter (SM). Het verschil is dus de stuwdruk. Het systeem werkt dus met een onderdruk. Dat heeft het voordeel dat je snel kunt zien of er een lek zit in de SM en waar. Blijft de onderdruk gelijk dan is zowel het huis als de balg lekvrij. Lekt de meter dan is het huis ondicht. Als je dan de stuwdruk afsluit en er is weer een lek dan is de balg stuk.

De BMP280 is op 2 manieren aan te sluiten: via het I2C-protocol of via ISP.

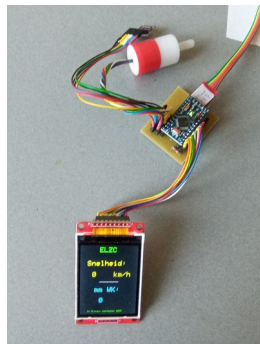
Nadeel van I2C is dat elke sensor een eigen adres moet hebben.

Voordeel van ISP is dat je sensoren parallel kunt aansluiten (zie het programma).



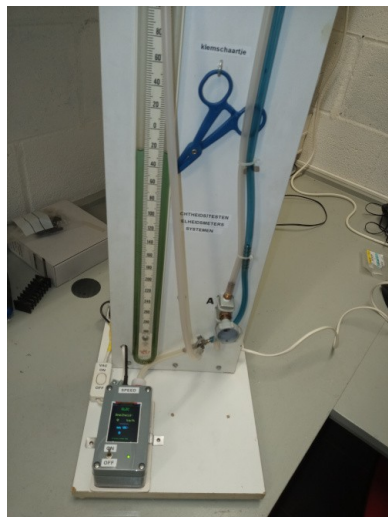
De pinnen MISO, MOSI en SCK hebben ze gemeenschappelijk. Elke sensor krijgt zijn eigen DATA SELECT.

Dit werkt uitstekend. Bij zeer lage luchtsnelheden (een paar mm-WK) treedt er verschil op tussen beide sensoren. Echter bij 50 km/h en hoger geven de sensoren de juiste stuwdruk aan. Of zoals Egbert zegt: "Beneden die snelheid vallen so wie so alle zweefvliegtuigen uit de lucht!"



Hier heb ik ook weer het zelfde kleuren-display gebruikt. Om het geheel in een kleinere behuizing onder te brengen heb ik ook hier gekozen voor een Pro Mini 3,3V. Ook dit programma is open source en kan door iedereen gebruikt worden.

Hoogte en snelheidsmeter met Arduino



Ook hier kunnen meerdere SM parallel aangesloten worden.

In het programma heb ik veel commentaar geplaatst. Dus ook hoe de sensoren en het display moet worden aangesloten.

Als zuigpomp is op onze club (ELZC) een gemodificeerde aquariumpomp gebruikt. Daardoor is aan de zuigzijde een slangaansluiting gemaakt hiermee kunnen snelheden gemeten worden tot ca 220 km/h. Op een zeer nauwkeurige manier (binnen afleesnauwkeurigheid van de SM.)

Het was wel nog even zoeken naar een goede afsluiter. Die heb ik gevonden bij de firma Hydriflex.

Om het geheel wat te dempen heb ik een 50 cm lange PVC-buis (diameter ca. 50 mm) tussen de leiding geplaatst.

Met Ron Ruth heb ik een handleiding voor het gebruik van de snelheidsmeter gemaakt.

Ron heeft een meetblad gemaakt waarop de gegevens ingevuld kunnen worden.

Hoogte en snelheidsmeter met Arduino

Verkrijgbaarheid van de onderdelen

Alle onderdelen zijn goed en snel in Nederland te krijgen en redelijk geprijsd.

Ik koop graag bij Tinytronics (in Eindhoven). (www.tinytronics.nl). Voor 17 uur besteld, de volgende dag in huis. Ze hebben een goede site waarop bij bijv. het kleuren-display aangegeven wordt welke driver (TFT 9341) je daarvoor nodig hebt en waar je die kunt vinden.

Enkele prijzen:

BMP180	€ 4,-
BMP280	€ 4,-
Pro Mini 3,3V	€ 5,-
TFT-kleurenscherm	€ 8,50
FTDI232	€ 6,-

Andere winkels zijn:

www.hackerstore.nl

www.benselectronics.nl

De kastjes heb ik gekocht bij;

www.haje.nl

Voor op- en aanmerkingen en/of hulp kun je me mailen op:

jowijnen@fastmail.fm

Hoogte en snelheidsmeter met Arduino

Handleiding tester voor controle hoogtemeter(s)

LET OP: De tester mag **NIET** gebruikt worden voor snelheidsmeters en lekdichtheidstesten van de statische-, totaaldruk- en TE-systemen in de zweefvliegtuigen.

Er zijn 4 testmogelijkheden:

1. Controle van de QNH (druk op zeeniveau: Null Height)
2. Controle van de QFE (druk op vliegveld niveau: Field Elevation)
3. Controle van de aanwijzing van de hoogtemeter(s)
4. Controle op lekdichtheid van de hoogtemeter(s)

NB.: Het is mogelijk meerdere hoogtemeters tegelijk te controleren door ze parallel te schakelen. De hoogtemeter(s) moet(en) worden aangesloten op de statische drukaansluiting.

De vacuumpomp en het meetkastje met de electronica *) kunnen afzonderlijk worden ingeschakeld. De gele LED op het meetkastje gaat dan aan.

Afsluiter A = regelventiel

Afsluiter B = vacuüm-breekventiel

1. Controle van de QNH

Afsluiter A dicht; afsluiter B open. (Het systeem is nu atmosferisch).

De vliegveldhoogte staat standaard ingesteld op vliegveld Schinveld (te vinden via de AHN-Viewer op internet).

De vliegveldhoogte kan veranderd worden d.m.v. de draaiknop op het meetkastje.

Zet de hoogtemeter(s) op vliegveldhoogte (55 m) met de draaiknop op de hoogtemeter(s).

De QNH op het display moet dan dezelfde druk weergeven als de hoogtemeter(s).

Om de QNH van de hoogtemeter(s) te veranderen zie handleiding hoogtemeter(s).

2. Controle van de QFE

Afsluiter A dicht; afsluiter B open. (Het systeem is nu atmosferisch).

Met de hoogtemeter(s) op nul geeft het display de juiste QFE.

3. Controle van de aanwijzing van de hoogtemeter(s)

Zet de hoogtemeter(s) op 0.

Zorg dat beide blauwe afsluiters "A" en "B" dicht zijn. Schakel de vacuumpomp in.

Draai nu voorzichtig de rechter blauwe afsluiter "A" open.

De hoogtemeter(s) zowel als het display geven dan dezelfde (oplopende) waarde aan.

Is de aanwijzing van de hoogtemeter(s) > 10 m dan kleurt de QNH rood. Die geeft dan de druk op die hoogte weer.

Door steeds de afsluiter "A" dicht te draaien kan (kunnen) de hoogtemeter(s) stilgezet worden en is de waarde van de hoogtemeter(s) goed te vergelijken met de waarde op het display.

Ga in stappen door met de metingen tot minimaal 3000 m en indien gewenst tot 5000.

Ga verder met **4** voor controle op lekdichtheid.

Vervolg controle aanwijzing van de hoogtemeters.

Door afsluiter "B" voorzichtig te openen kan lucht worden toegelaten en kan (kunnen) de hoogtemeter(s) stapsgewijs neergaand worden gecontroleerd waarbij een indruk van de hysteresis en gelijkmatige loop kan worden verkregen. Ga door tot de hoogtemeter(s) weer op 0 staat (staan). Noteer (eventueel) de waarden (opgaand en neergaand) op het formulier "Controle Hoogtemeter".

4. Controle op lekdichtheid

Zijn beide afsluiters "A" en "B" goed dicht bij de hoogte van 5000 m schakel dan de vacuumpomp uit en klem de aansluitingleiding(en) van de hoogtemeter(s) af.

Hoogte en snelheidsmeter met Arduino

Loopt de hoogteaankwijzing niet terug dan is de betreffende hoogtemeter lekvrij.
Ga verder met **3**.

Jo Wijnen, oktober 2020 / Ron Ruth, februari 2021

*) NB.: De electronica (gebaseerd op Arduino) is "open-source" en kan door iedereen gebruikt worden.

CONTROLE HOOGTEMETER

Fabrikaat:

Uit zweefvliegtuig:

PH-

Type:

SNr.:

Display meetkastje hoogte [m]	Stand hoogtemeter Op [m]	Neer [m]	Tolerantie [m / m]	OK	niet OK	Opmerking
0			0 / -15			
100			0 / -15			
200			0 / -15			
300			0 / -15			
400			0 / -15			
500			0 / -15			
750			0 / -15			
1000			0 / -15			
1500			0 / -15			
2000			0 / -20			
2500			0 / -25			
3000			0 / -30			
4000			0 / -40			
5000			+10 / -50			

5000 Lektest huis

Uitgevoerd door:

Datum:

BvB Nr.:

Paraaf:

Hoogte en snelheidsmeter met Arduino

HANDLEIDING TESTER VOOR CONTROLE SNELHEIDSMETERS

en systemen voor statische druk, dynamische (totaal) druk en TE-vario

1 Controle snelheidsmeter(s)

1.1 Dichtheidscontrole van de snelheidsmeter(s)

Om te controleren of de snelheidsmeter(s) lekt (lekken) wordt (worden) deze **aangesloten op de statische drukaansluiting**.

De reden hiervoor heeft te maken met de plaats van de eventuele lekkage.

Lekt de snelheidsmeter niet dan zijn zowel het huis als de drukdoos (balgmembraan) lekdicht.

Wordt er wel een lek geconstateerd dan moet de totaaldruk-aansluiting afgesloten worden.

Nog steeds lek, dan is er een lek in het huis en niet in de balg.

1.2 Gebruik testopstelling

1.2.1. De testopstelling aansluiten op de netstroom 230 Volt. De voedingen van het meetkastje en de vacuümpomp worden nu vrijgegeven. Meetkastje en vacuümpomp kunnen apart worden ingeschakeld.

De naaldafsluiter A geheel openen. De U-buis manometer aan de bovenzijde links openen

De snelheidsmeter(s) aansluiten op de statische druk. (Er kunnen eventueel meerdere snelheidsmeters parallel worden aangesloten).

1.2.2 De elektronica activeren m.b.v. de schakelaar op het meetkastje. De display op het meetkastje moet 0 meter aangeven evenals de skala(s) van de snelheidsmeter(s). (Druk in het gehele systeem is nu atmosferisch).

1.2.3 De naaldafsluiter geheel sluiten, vervolgens de vacuümpomp inschakelen.

1.2.4. Draai de naaldafsluiter A heel voorzichtig en vooral heel langzaam open.

Op het display verschijnen de snelheid en de snelheid omgerekend naar mmWK.

De meting wordt pas zinvol boven de 50 km/h. (Om met Egbert Veldhuizen (technicus & CAMO) te spreken: "Onder de 50 km/h valt het vliegtuig toch uit de lucht").

Bij elke snelheid kan de drukverlaging stilgezet worden door de afsluiter "A" dicht te draaien.

Zo kan een tabel worden gemaakt die de afwijking geeft van de waarden op de snelheidsmeter(s) met de waarden op het display.

De vacuümpomp werkt tot ca. 220 km/h Ga door totdat de rode streep op de snelheidsmeter(s) wordt bereikt.

1.2.5 Is die rode streep bereikt, zet dan de afsluiter A geheel dicht. Schakel de vacuümpomp uit. Klem vervolgens de aansluiting (en) van de snelheidsmeter(s) afzonderlijk af. Gebruik hiervoor eventueel het blauwe klemschaartje. Daalt de snelheid dan lekt de meter; zie verder 1.1.

1.2.6 Draai vervolgens de naaldafsluiter A heel voorzichtig open. Het systeem wordt nu langzaam belucht via de vacuümpomp.

De snelheidsmeter(s) loopt (lopen) dan terug. Door de naaldafsluiter A steeds even dicht te zetten kan de hysteresis van de snelheidsmeter(s) nu worden gemeten.

Noteer de snelheidswaarden op het formulier "Controle snelheidsmeter".

Voor controle dichtheid in statische-, dynamische- en TE-vario-systemen: zie ommezijde

Hoogte en snelheidsmeter met Arduino

2 Controle systemen voor statische druk, dynamische (totaal) druk en TE-vario

2.1 Dichtheidscontrole van de systemen

Om te controleren of de systemen lekken worden deze getest op onderdruk . Daartoe dienen de drukpunten aan de romp luchtdicht te worden afgedicht. Gebruik hiervoor de daartoe geschikte tape.

2.2 Gebruik testopstelling

2.2.1. De testopstelling aansluiten op de netstroom 230 Volt. De voedingen van het meetkastje en de vacuümpomp worden nu vrijgegeven. Meetkastje en vacuümpomp kunnen apart worden ingeschakeld.

Voor de dichtheidscontrole hoeft het meetkastje niet te worden gebruikt/ingeschakeld.

De aanduiding van de U-buis-manometer wordt gebruikt.

De naaldafsluiter A geheel sluiten. De U-buis manometer aan de bovenzijde links openen.

De niveaus in de linkse en rechtse buis moeten nu gelijk staan.

2.2.2 Statisch systeem (leidingen kleurloos).

- a Eerst de drukafnamepunten op de romp luchtdicht afsluiten d.m.v. afplakken met geschikte plastic tape.
- b Alle aangesloten instrumenten loskoppelen: snelheidsmeter(s), hoogtemeter(s);
- c Aansluitpunt kiezen, overige open slangen afsluiten (met pennetjes of pluggen)
- d Aansluitpunt aansluiten op de testopstelling.
- e De vacuümpomp inschakelen, vervolgens de naaldafsluiter langzaam geheel openen. Het niveauverschil in de U-buis loopt nu op: maximaal is ca. 250 mmWk haalbaar.
- f Bij maximum niveauverschil de naaldafsluiter geheel sluiten en de vacuümpomp uitschakelen. Blijft het niveauverschil in de U-buizen constant dan is het statische systeem dicht. Loopt het niveauverschil terug dan is er een lekkage.
N.B.: De "gevoeligheid" kan worden vergroot door de aansluiting van het buffervat aan de bovenzijde af te klemmen.
- g. Open de naaldafsluiter A: het systeem wordt nu langzaam belucht via de vacuümpomp.
- h. Koppel af en herstel de aansluitingen op de instrumenten. Verwijder de tapes.

2.2.3 Dynamisch systeem (leidingen groen).

- a Eerst het drukafnamepunten in de rompneus luchtdicht afsluiten d.m.v. afplakken met geschikte plastic tape of anderszins,
- b Aangesloten snelheidsmeter(s) loskoppelen,
- c Aansluitpunt kiezen, eventueel andere open slang afsluiten (met pennetje of plug)
- d Aansluitpunt aansluiten op de testopstelling.
- e De vacuümpomp inschakelen, vervolgens de naaldafsluiter langzaam geheel openen. Het niveauverschil in de U-buis loopt nu op: maximaal is ca. 250 mmWk haalbaar.
- f Bij maximum niveauverschil de naaldafsluiter geheel sluiten en de vacuümpomp uitschakelen. Blijft het niveauverschil in de U-buizen constant dan is het systeem dicht. Loopt het niveauverschil terug dan is er een lekkage.
N.B.: De "gevoeligheid" kan worden vergroot door de aansluiting van het buffervat aan de bovenzijde af te klemmen.
- g. Open de naaldafsluiter A: het systeem wordt nu langzaam belucht via de vacuümpomp,
- h. Koppel af en herstel de aansluiting(en) op de snelheidsmeter(s), verwijder afdichtingen.

2.2.4 TE-vario systeem (leidingen rood).

Hoogte en snelheidsmeter met Arduino

- g Eerst het drukafnamepunt "TE-sonde" afsluiten d.m.v. afplakken met geschikte plastic tape of anderszins,
- h Aangesloten variometers (mechanisch en elektrisch) loskoppelen,
- i Aansluitpunt kiezen, andere open slang(en) afsluiten (met pennetje of plug)
- j Aansluitpunt aansluiten op de testopstelling.
- k De vacuümpomp inschakelen, vervolgens de naaldafsluiter langzaam geheel openen. Het niveauverschil in de U-buis loopt nu op: maximaal is ca. 250 mmWk haalbaar.
- l Bij maximum niveauverschil de naaldafsluiter geheel sluiten en de vacuümpomp uitschakelen. Blijft het niveauverschil in de U-buizen constant dan is het systeem dicht. Loopt het niveauverschil terug dan is er een lekkage.
N.B.: De "gevoeligheid" kan worden vergroot door de aansluiting van het buffervat aan de bovenzijde af te klemmen.
- g. Open de naaldafsluiter A: het systeem wordt nu langzaam belucht via de vacuümpomp,
- h. Koppel af en herstel de aansluiting(en) op de variometer(s), verwijder tape.

Opmerking: Bij "vreemd" functioneren van (mechanische) variometers kunnen de thermosflessen met aansluitleidingen op gelijke wijze op lucht dichtheid worden onderzocht .

Jo Wijnen , november 2020 / Ron Ruth, februari 2021

CONTROLE SNELHEIDSMETER

Fabrikaat:			Uit zweefvliegtuig:	PH-		
Type:				OK	niet OK	Opmerki
SNr.:						
Display meetkastje	Stand snelheidsmeter		Tolerantie			
{km/h}	Op [km/h]	Neer [km/h]	[km]			
0						
(40)						
50			± 3			
60						
80						
100						
120						
150						
180						

Hoogte en snelheidsmeter met Arduino

200

220

(250)

max.

indien
haalbaar

max.

Lektest

**huis
balg**

Uitgevoerd door:

Datum:

AML/BvB Nr.:

Paraaf:

Jo Wijnen, maart 2021