

Aandrijftechniek Moonrover

Vollmuller, Michel
1809572

michel.vollmuller@student.hu.nl

Willems, Tijmen
1805057

tijmen.willems@student.hu.nl

28 maart 2024

Samenvatting

Hier komt een mooie abstract

Inhoudsopgave

1 Inleiding	2
2 Analyze	2
2.1 Vraagstelling	2
2.2 Specificaties	2
3 Lasten	3
3.1 Rollast	3
3.2 Hellingslast	3
3.3 Grip	4
3.4 Versnelling	5
3.5 Snelheid	5
3.6 Conclusie	6
4 Motor	7
4.1 Motorkeuze	7
4.2 transmissiekeuze	7
4.3 efficiëntie	7
4.4 Warmtedisipatie	7
4.5 Conclusie	7
Appendices	9
A Datasheet RE25 118745	9
B Datasheet Planetary Gearhead GP 32 A 166158	10

1 Inleiding

De Euro Moon Rover is een compact, wendbaar voertuig ontworpen voor het verkennen van het maanterrein. Met zijn vier individueel aangestuurde wielen kan het obstakels tot de grootte van de radius van het wiel overwinnen. Het voertuig is snel en robuust, uitgerust met gelijkstroommotoren van Maxon die zijn aangepast om te functioneren in de extreme omstandigheden van de maan. Dankzij zijn ontwerp en aanpassingen is de Euro Moon Rover goed uitgerust om wetenschappelijke missies uit te voeren en het oppervlak van de maan te verkennen.

2 Analyse

2.1 Vraagstelling

Hoofdvraag: Is de door Maxon voorgestelde aandrijving de beste oplossing voor de Euro Moon Rover?

Deelvragen:

1. Wat zijn de lasten en wat zijn de wensen?
2. Wat is de juiste mechanische transmissie?
3. Wat zijn de juiste specificaties voor de motor?
4. Wat is de efficiëntie van de motor?

2.2 Specificaties

Moonrover

Gewicht : 6 kg

formaat (lengte*breedte): 40 * 25 cm

Wielen

diameter wielen : 15 cm

wrijvingscoëfficiënt : 0.9

rolweerstandcoëfficiënt : 0.1

Massatraagheid (J) : $2.1 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$

Eisen / Wensen

topsnelheid vlakke grond : 2.1 m/s

versnelling vlakke grond : 0.7 m/s^2

vertraging vlakke grond : 0.5 m/s^2

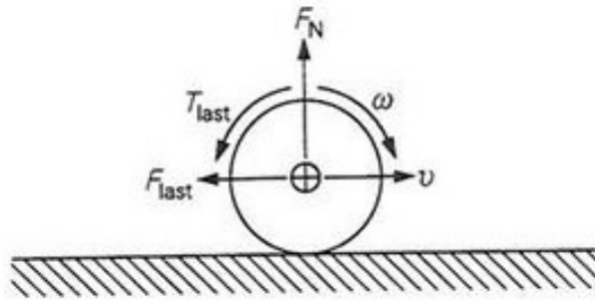
max helling : 30 degrees

3 Lasten

In dit hoofdstuk worden de verschillende lasten van de moonrover berekend. In de formules word er een hellingshoek aan gehouden van 0 graden. De beschreven fomrules zijn allemaal voor 1 wiel. Voor de gehele moonrover zal dit dus x4 moeten. In de afbeeldingen is ook te zijn hoe de eigenschappen zich gedragen onder diverse hellingshoeken.

3.1 Rollast

Rollast is de last die minaal overwonnen moet worden een wiel te laten draaien. Dit verschilt ook onder welke hellingshoek de moonrover staat. In afbeelding 3 is te zien hoe de rollast veranderd onder diverse hellingshoeken.



Figuur 1: rollast krachten

Formules:

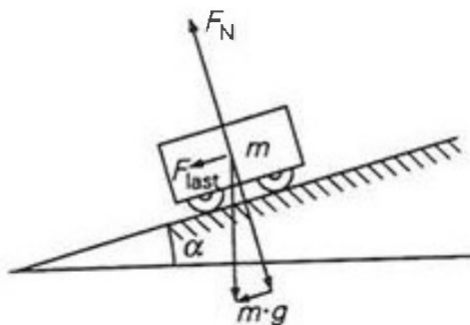
$$\begin{aligned} T_{last} &= f_{rol} \cdot F_N \cdot r \\ F_N &= m \cdot g \cdot \cos(\alpha) \\ \Downarrow \\ T_{last} &= 0.1 \cdot 2.43 \cdot 0.075 = 18.23[mNm] \end{aligned} \quad (1)$$

constante:

$$\begin{aligned} f_{rol} &= 0,1 \\ r &= 0,075[m] \\ m &= 1,5[N] \\ g &= 1,62[m/s^2] \\ \alpha &= 0^\circ \end{aligned}$$

3.2 Hellingslast

Hellingslast is de last die om de hoek komt kijken zodra de moonrover zich onder een helling bevindt. Wanneer deze helling stijgend is zal dit de last zijn die overtroffen moet worden om voorruit te komen. Wanneer deze helling dalend is is dit de last die overtroffen moet worden of tot stilstand te komen.



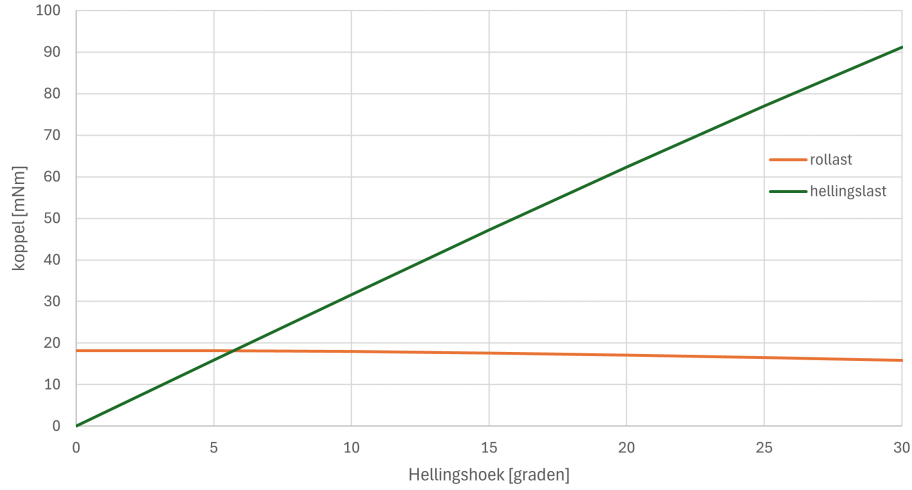
Figuur 2: hellingslast krachten

Formules:

$$\begin{aligned} T_{last} &= f_Z \cdot \sin(\alpha) \cdot r \\ F_Z &= m \cdot g \\ \Downarrow \\ T_{last} &= 2.43 \cdot 0 \cdot 0.075 = 0[mNm] \end{aligned} \quad (2)$$

constante:

$$\begin{aligned} r &= 0,075[m] \\ m &= 1,5[N] \\ g &= 1,62[m/s^2] \\ \alpha &= 0^\circ \end{aligned}$$



Figuur 3: rolweerstand vs hellingsweerstand onder verschillende hoeken

In figuur 3 is te zien hoe de rolweerstand en de hellingsweerstand zich gedragen ten opzichte van verschillende hellingshoeken. In de grafiek is te zien dat vanaf een hoek $\approx 5.7^\circ$ de moonrover altijd stil zal blijven staan. Dit komt doordat de moonrover tot dit punt nog niet voorbij zijn rollast komt. Het snijpunt van de rollast met de hellingslast wordt als volgt berkent:

$$\begin{aligned}
 T_{rollast} &= T_{hellingslast} \\
 f_{rol} \cdot F_N \cdot r &= F_N \cdot \sin(\alpha) \cdot r \\
 f_{rol} &= \sin(\alpha) \\
 0.1 &= \sin(\alpha) \\
 \alpha &= \sin^{-1}(0.1) \\
 \alpha &= 5.72^\circ
 \end{aligned} \tag{3}$$

3.3 Grip

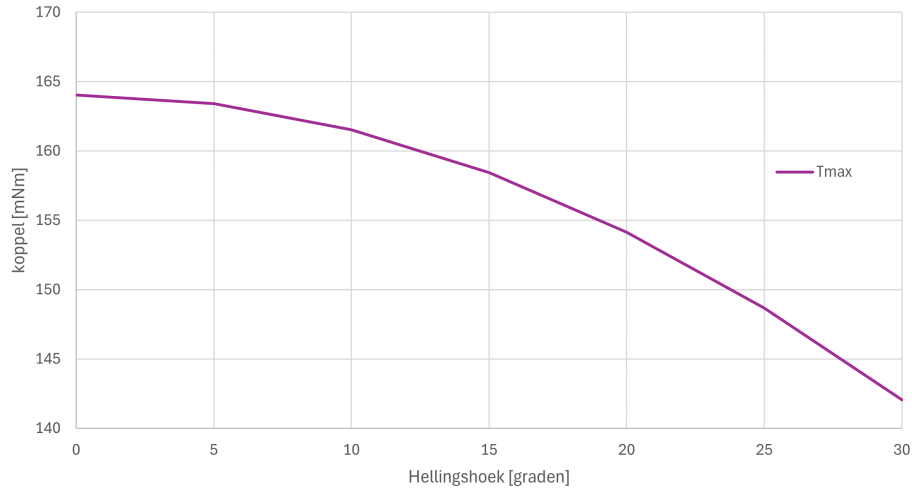
Onder grip verstaan we de hoeveelheid torque die op de aandrijving gegeven kan worden zonder dat het wiel zal gaan slippen. Hierbij berkenen we dus ook wat de maximale torque is die gegeven kan worden op de aandrijving.

Formules:

$$\begin{aligned}
 T_{max} &= \mu \omega \cdot F_N \cdot r \\
 F_N &= m \cdot g \cdot \cos(\alpha) \\
 \Downarrow \\
 T_{max} &= 0.9 \cdot 2.43 \cdot 0.075 = 164.03[mNm]
 \end{aligned} \tag{4}$$

constante:

$$\begin{aligned}
 \mu \omega &= 0.9 \\
 r &= 0.075[m] \\
 m &= 1.5[N] \\
 g &= 1.62[m/s^2] \\
 \alpha &= 0^\circ
 \end{aligned}$$



Figuur 4: T_{max}

In figuur 4 is te zien hoe de maximale koppel zich weerhoud tegen de hellingshoek. Hierbij is duidelijk te zien dat de maximale koppel af neemt naarmate de hellingshoek groter wordt.

3.4 Versnelling

Hier wordt het koppeloverschot berekend wat nodig is om de beoogde versnelling te behalen.

Formules:

$$\begin{aligned}
 T_{acc} &= J \cdot \frac{d\omega}{dt} \\
 omtrek_{wiel} &= 2 \cdot \pi \cdot r = 0.47[m] \\
 Versnelling &= \frac{a}{omtrek_{wiel}} = 1.49[omwentelingen/s^2] \\
 &= 9.36[rad/s^2] \\
 &\Downarrow \\
 T_{acc} &= 2.1 \cdot 10^{-3} \cdot 9.36 = 19.6[mNm]
 \end{aligned}
 \tag{5}$$

constante:

$$\begin{aligned}
 a &= 0.7[m/s^2] \\
 J &= 2.1 \cdot 10^{-3}[kg \cdot m^2] \\
 r &= 0.075[m] \\
 m &= 1.5[N] \\
 g &= 1.62[m/s^2] \\
 \alpha &= 0^\circ
 \end{aligned}$$

3.5 Snelheid

Hier berekenen we de maximale rpm waarbij de maximale snelheid van van 2.1 m/s niet word overtroffen.

Formules:

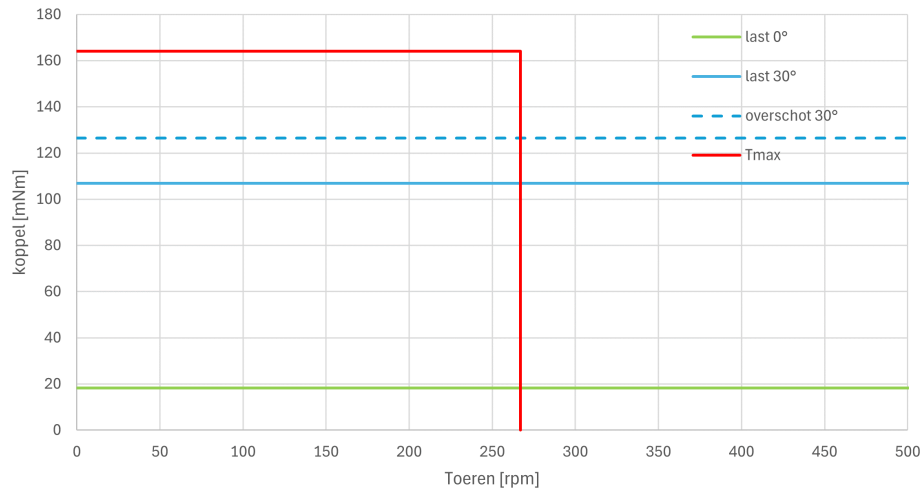
$$\begin{aligned}
 omtrek &= 2 \cdot \pi \cdot r \\
 snelheid &= \frac{speed_{max}}{omtrek} = \frac{2.1}{0.47} = 4.46[omw/s] \\
 &\Downarrow \\
 &= 267.4[rpm]
 \end{aligned}
 \tag{6}$$

constante:

$$\begin{aligned}
 speed_{max} &= 2.1[m/s] \\
 r &= 0.075[m]
 \end{aligned}$$

3.6 Conclusie

In dit hoofdstuk heb je kunnen lezen hoe we de lasten van de moonrover hebben bepaald. Dit was nodig om een geschikte motor te selecteren voor de moonrover. In afbeelding 5 is het werkgebied te zien van de moonrover doormiddel van de rode lijnen. In het volgende hoofdstuk zal er een geschikte motor en transmissie geselecteerd worden die juist aansluit bij deze last.



Figuur 5: Lasten moonrover

4 Motor

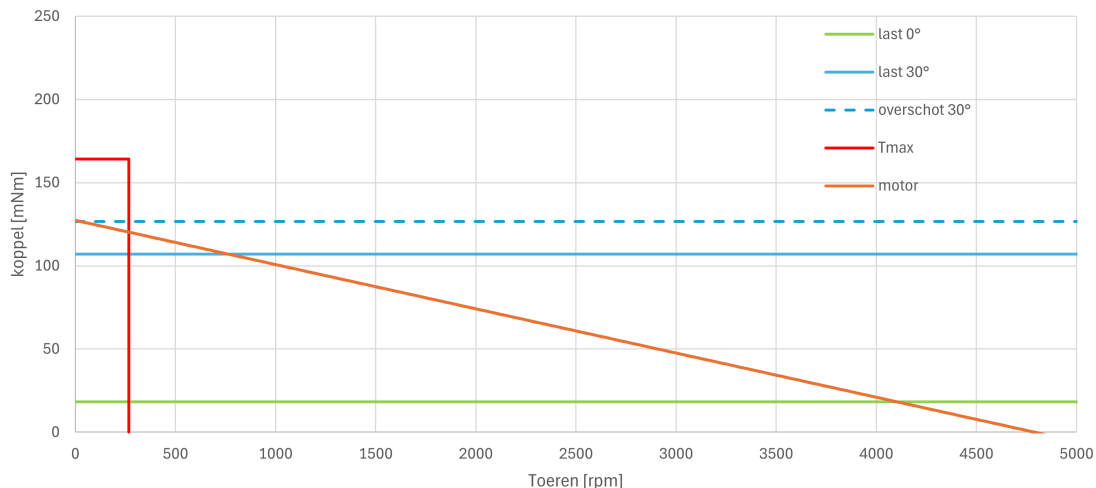
In het volgende hoofdstuk is zijn de lasten van de moonrover bepaald. Op basis van deze gegevens kunen we de juiste motor gaan selecteren voor de moonrover. Door de leverancier "Maxon" is er een advies gedaan van een reeks motoren en transmissies;

$$\begin{aligned} motor &: RE251187xx \\ transmissie &: PlanetaryGearheadGPxxx \end{aligned}$$

In dit hoofdstuk zullen wij een keuze gaan maken voor een specifieke motor in combinatie met een specifieke transmissie.

4.1 Motorkeuze

Binnen de aangegeven maxon reeks hebben wij gekozen voor de RE25 118745. In theorie is het mogelijk om elke motor te kiezen binnen de aangegeven reeks in combinatie met de juiste transmissie. Voor deze specifieke situatie hebben we gekozen voor de RE25 118745. Dit is een wat kleinere motor binnen de reeks, echter is het mooie van deze motor dat hij een efficiëntie van 90 heeft. In afbeelding 6 is te zien hoe de koppel toeren karakteristiek van de motor zich weerhoud tegen de last. In combinatie met de juiste transmissie kan deze motor goed ingezet worden bij de moonrover. In Bijlage A is de datasheet te zien van deze motor.



Figuur 6: koppel toeren karakteristiek RE25 118745

4.2 transmissiekeuze

4.3 efficiëntie

4.4 Warmtedisipatie

Voor de moonrover zullen de motoren geleverd worden van het merk Maxon. Maxon heeft aangegeven dat zij de gekozen motor "maan bestendig" zullen maken. Hierbij zal ook rekening gehouden met de temperatuur verschillen op de maan en de warmte dissipatie hiervan.

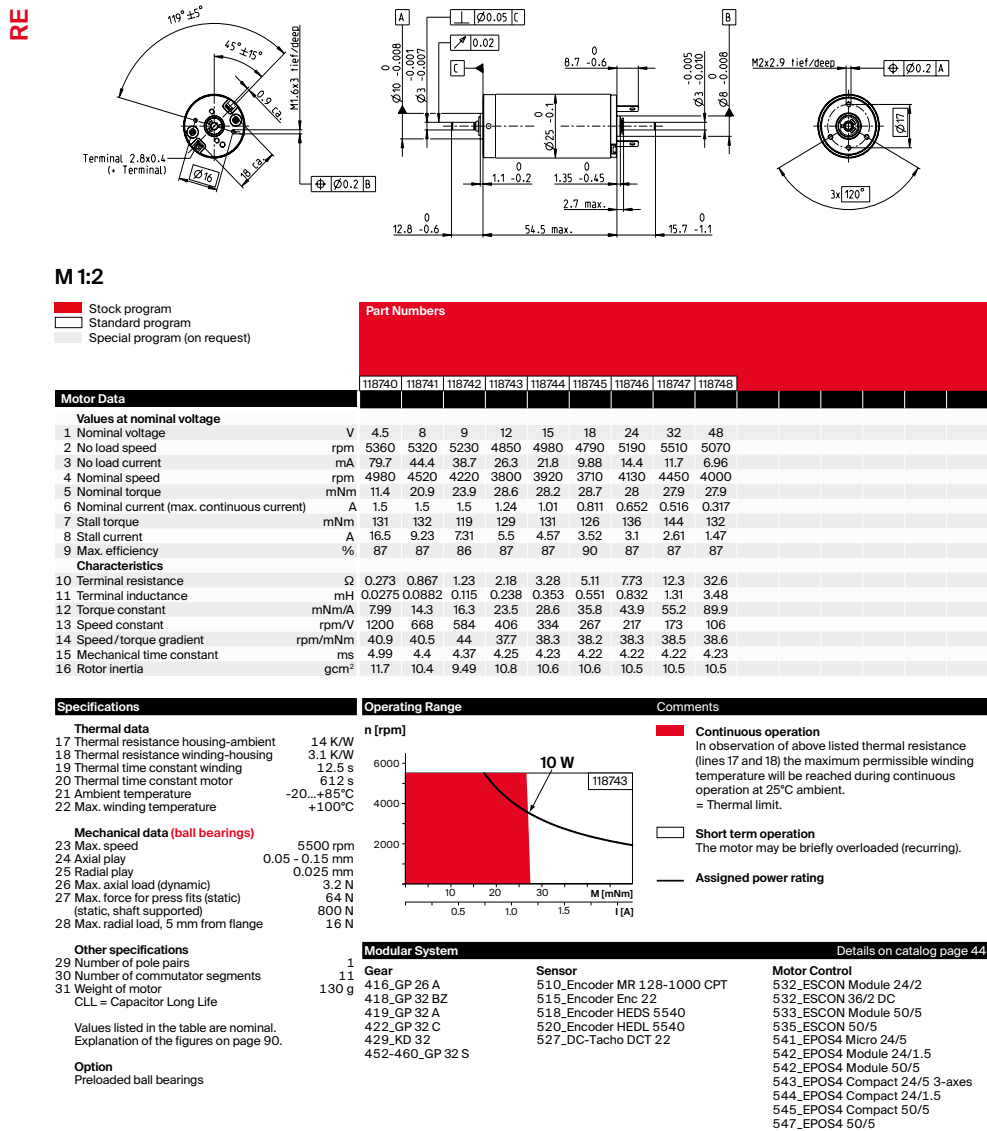
4.5 Conclusie

Conclusie

Appendices

A Datasheet RE25 118745

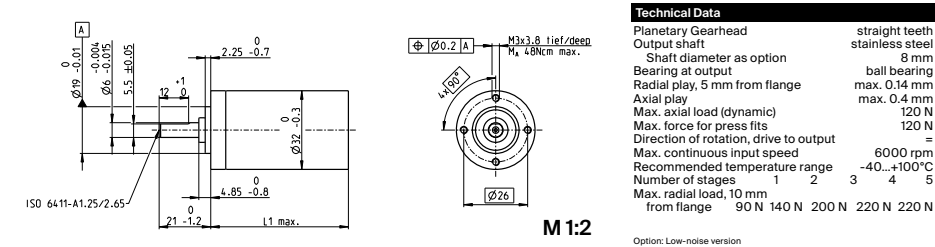
RE 25 Ø25 mm, precious metal brushes CLL, 10 watt



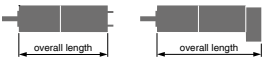
Figuur 7: datasheet RE25 118745

B Datasheet Planetary Gearhead GP 32 A 166158

Planetary Gearhead GP 32 A Ø32 mm, 0.75–4.5 Nm



		Part Numbers											
Stock program		166155	166158	166163	166164	166169	166174	166179	166184	166187	166192	166197	166202
Standard program													
Special program (on request)													
Gearhead Data													
1	Reduction	3.7:1	14:1	33:1	51:1	111:1	246:1	492:1	762:1	1181:1	1972:1	2829:1	4380:1
2	Absolute reduction	29/1	47/49	52/56	170/176	130/134	42/824	86112/175	190/445	1012/370	1632/170	245/255	370/385
3	Max. motor shaft diameter	mm	6	6	3	6	4	3	4	4	3	3	3
Part Numbers		166156	166159	166165	166170	166175	166180	166185	166188	166193	166198	166199	166203
1	Reduction	4.8:1	18:1	66:1	123:1	295:1	531:1	913:1	1414:1	2189:1	3052:1	5247:1	
2	Absolute reduction	24/5	62/65	162/165	68/71	101/106	331/337	365/370	242/248	536/549	190/197	839/852	1240/1255
3	Max. motor shaft diameter	mm	4	4	3	4	3	4	3	3	3	3	3
Part Numbers		166157	166160	166166	166171	166176	166181	166186	166189	166194	166199	166204	
1	Reduction	5.8:1	21:1	79:1	132:1	318:1	589:1	1093:1	1526:1	2362:1	3389:1	6285:1	
2	Absolute reduction	23/4	29/31	380/387	331/325	2063/1225	2063/1225	27984/1256	93450/6125	308870/6125	47453/340	6430/143	1024
3	Max. motor shaft diameter	mm	3	3	3	3	4	3	3	4	3	3	3
Part Numbers			166161	166167	166172	166177	166182		166190	166195	166200		
1	Reduction		23:1	86:1	159:1	411:1	636:1		1694:1	2548:1	3656:1		
2	Absolute reduction		170/125	149/176	159/170	359/424	734/812		1182/125	1632/170	245/255		
3	Max. motor shaft diameter	mm	3	4	3	4	3		3	3	3		
Part Numbers			166162	166168	166173	166178	166183		166191	166196	166201		
1	Reduction		28:1	103:1	190:1	456:1	706:1		1828:1	2623:1	4060:1		
2	Absolute reduction		359/125	1218/74	8940/196	15817/1224			22380/1225	205622/794	363793/196		
3	Max. motor shaft diameter	mm	3	3	3	3	3		3	3	3		
4	Number of stages		1	2	2	3	4	4	4	5	5	5	5
5	Max. continuous torque	Nm	0.75	2.25	2.25	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50
6	Max. intermittent torque at gear output	Nm	1.1	3.4	3.4	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5
7	Max. efficiency	%	80	75	75	70	70	60	60	60	50	50	50
8	Weight	g	118	162	162	194	194	226	226	226	258	258	258
9	Average backlash no load	°	0.7	0.8	0.8	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	Mass inertia	gcm ²	1.5	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
11	Gearhead length L1	mm	26.5	36.4	36.4	43.1	43.1	49.8	49.8	49.8	56.5	56.5	56.5



maxon Modular System													
+ Motor	Page	+ Sensor/Brake	Page	Overall length [mm] = Motor length + gearhead length + (sensor/brake) + assembly parts									
RE 25	144/146			81.1	91.0	91.0	97.7	97.7	104.4	104.4	111.1	111.1	111.1
RE 25	144/146 MR	478		92.1	102.0	102.0	108.7	108.7	115.4	115.4	122.1	122.1	122.1
RE 25	144/146 Enc 22		483	95.2	105.1	105.1	111.8	111.8	118.5	118.5	125.2	125.2	125.2
RE 25	144/146 HED_5540		486/488	101.9	111.8	111.8	118.5	118.5	125.2	125.2	131.9	131.9	131.9
RE 25	144/146 DCT 22		495	103.4	113.3	113.3	120.0	120.0	126.7	126.7	133.4	133.4	133.4
RE 25, 20 W	145			69.6	79.5	79.5	86.2	86.2	92.9	92.9	99.6	99.6	99.6
RE 25, 20 W	145	MR	478	80.6	90.5	90.5	97.2	97.2	103.9	103.9	110.6	110.6	110.6
RE 25, 20 W	145	HED_5540	487/490	90.4	100.3	100.3	107.0	107.0	113.7	113.7	120.4	120.4	120.4
RE 25, 20 W	145	DCT 22	495	91.9	101.8	101.8	108.5	108.5	115.2	115.2	121.9	121.9	121.9
RE 25, 20 W	145	AB 28	535	103.7	113.6	113.6	120.3	120.3	127.0	127.0	133.7	133.7	133.7
RE 25, 20 W	145	HED_5540/AB 28	487/535	120.9	130.8	130.8	137.5	137.5	144.2	144.2	150.9	150.9	150.9
RE 25, 20 W	146	AB 28	535	115.2	125.1	125.1	131.8	131.8	138.5	138.5	145.2	145.2	145.2
RE 25, 20 W	146	HED_5540/AB 28	486/535	132.4	142.3	142.3	149.0	149.0	155.7	155.7	162.4	162.4	162.4
RE 30, 15 W	147			94.6	104.5	104.5	111.2	111.2	117.9	117.9	124.6	124.6	124.6
RE 30, 15 W	147	MR	479	106.0	115.9	115.9	122.6	122.6	129.3	129.3	136.0	136.0	136.0
RE 30, 15 W	147	HED_5540	486/488	115.4	125.3	125.3	132.0	132.0	138.7	138.7	145.4	145.4	145.4
RE 30, 60 W	148			94.6	104.5	104.5	111.2	111.2	117.9	117.9	124.6	124.6	124.6
RE 30, 60 W	148	MR	479	106.0	115.9	115.9	122.6	122.6	129.3	129.3	136.0	136.0	136.0
RE 30, 60 W	148	HED_5540	486/488	115.4	125.3	125.3	132.0	132.0	138.7	138.7	145.4	145.4	145.4
RE 35, 90 W	149			97.6	107.5	107.5	114.2	114.2	120.9	120.9	127.6	127.6	127.6
RE 35, 90 W	149	MR	479	109.0	118.9	118.9	125.6	125.6	132.3	132.3	139.0	139.0	139.0
RE 35, 90 W	149	HED_5540	486/488	118.3	128.2	128.2	134.9	134.9	141.6	141.6	148.3	148.3	148.3
RE 35, 90 W	149	DCT 22	495	115.7	125.6	125.6	132.3	132.3	139.0	139.0	145.7	145.7	145.7
RE 35, 90 W	149	AB 28	535	133.7	143.6	143.6	150.3	150.3	157.0	157.0	163.7	163.7	163.7
RE 35, 90 W	149	HED_5540/AB 28	486/535	150.9	160.8	160.8	167.5	167.5	174.2	174.2	180.9	180.9	180.9

March 2021 edition / subject to change

maxon gear 393

Figur 8: datasheet Planetary Gearhead GP 32 A 166158