

## Elektrificering van een (bestaande) fiets, wat globale berekeningen

Hieronder heb ik een algemene uitleg gedaan van wat berekeningen die van belang zijn voor een elektrificatie van een fiets. Voor de helderheid en uitleg zijn wat percentages en dergelijke afgerond, in de praktijk zijn er veel factoren die allemaal hun invloed hebben op het gebruik en gedrag van de fiets, net als de rijstijl die zeker een extra effect hebben.

Een rustige fietser die met een constant tempo over een vlakke weg rijdt, zal veel verder komen en een hoger rendement uit de ondersteuning halen dan een fietser die snel optrekt, veel remt en hellingen met tegenwind op de maximale ondersteuning en snelheid wilt nemen.

Een stadsfietser die rustig wegrijdt en om de grootste knooppunten heenfiets haalt veel meer kilometers met ondersteuning dan in dezelfde stad met veel wegrijden en veel stoplichten door het centrum.

In Nederland is de maximale snelheid gesteld op 25 km/ uur met ondersteuning, hier boven moet de motor uitschakelen. Dit mag niet plotseling gebeuren, dus bij bijv. 24 km/uur mag de motor nog maar een deel van zijn maximale vermogen leveren en bij 25 km/uur helemaal niets meer. Vandaar dat bij 100% ondersteuning (u trapt dus zelf niet) de 25 km/uur op de motor niet haalbaar is.

Daarnaast gaat dan ook het vermogen een belangrijke rol spelen, maximaal 249,5 Watt (minder dan 250 Watt) is het maximum toegestane vermogen wat de motor uiteindelijk mag leveren.

Bij veel fietsen is dit vermogen ook nodig om bijna 25 km/uur te kunnen fietsen. Ook op ligfietsen met elektrificatie is dat vaak het geval; het extra gewicht van de accu's + motor zorgen ervoor dat de massa van de fiets toeneemt en voor extra rolweerstand zorgen (naast dat het langer duurt voor het optrekken) en in de meeste gevallen wordt de aërodynamica ook aangetast zodat de fiets meer luchtweerstand heeft. De extra massa zorgt in minder vlak terrein voor nog meer verliezen: u heeft meer energie nodig om op gang te komen maar bij afremmen komt die energie niet terug in de fiets.

Gebruikt u maar een beperkte ondersteuning en trapt u dus zelf meer mee, dan gaat het vermogen en de actieradius van de accu's een minder grote rol spelen.

Het is in Nederland niet toegestaan om op de openbare weg te fietsen met een ge-elektrificeerde fiets met een groter vermogen of een hogere maximale ondersteunings-snelheid. Uiteraard mag u wel zelf sneller fietsen alleen is de motor dan automatisch uitgeschakeld. Er worden wel kits verkocht die dit mogelijk maken. Dit is te vergelijken met opvoerkits voor bromfietsen: ze bestaan wel maar zijn alleen toegestaan op eigen terrein of met speciale toestemming van de politie zoals bepaalde wedstrijden.

## Rendement

Rendement van een elektrische ondersteuning is hoeveel van de energie uit de accu's uiteindelijk door de motor geleverd wordt.

Het is moeilijk te zeggen wat het rendement van een elektrificatie is en dit is heel verschillend voor het type motor, de bekabeling, het type accu's en de manier van rijden.

Over het algemeen is het zo dat een motor met regelaar die op maximaal vermogen belast wordt (dus bijna 250 Watt geleverd) een lager rendement heeft dan op bijv. 80%. Bij maar 10% is het rendement meestal weer lager omdat de regelunit ook energie gebruikt als de motor helemaal niet ingeschakeld wordt.

Veel systemen hebben rendementen (hier getest) die tussen de 60 en 80% liggen. Als u dus een actieradius van 30 kilometer zou hebben op de accu's, heeft u dus maar 18 resp. 24 kilometer ondersteuning. Het is handiger andersom te rekenen: als u een ondersteuning nodig heeft van 30 kilometer en het rendement bij uw gebruik ligt op c.a. 65%, dan is 30 km dus 65% en heeft u een theoretische capaciteit nodig voor 100%, dus minimaal 46 km als de accu's en regelaar 100% rendement zouden hebben.

## Uitleg vermogen en Ampere-uur (simpele uitleg)

Om een versimpelde uitleg te hebben van e.e.a., moeten een aantal aspecten weggelaten worden, deze kunnen wel invloed uitoefenen.

Vermogen wordt weergegeven in Watt (W) en is de hoeveelheid energie die per tijdseenheid (seconden) nodig is. Er is dus bijvoorbeeld 250 Watt nodig, dus is het vermogen 250 Watt.

Een accu heeft een nominale (norm-) spanning van bijvoorbeeld 12 Volt.

Volgens de elektra-regels moet je dan het vermogen delen door de spanning om het aantal ampere's te weten. Bij 250 Watt is er dus op 12 Volt  $250/12 = 20,83$  Ampere nodig om de motor te laten draaien. Dit is dus elke seconde weer gedurende bijvoorbeeld een uur achter elkaar en bij 100% rendement.

Om een uur met ondersteuning (100% rendement) te kunnen rijden met deze motor op 12 volt, is dus 20,83 Ampere-uur nodig. Normaal wordt uur in het Engels geschreven, dus Hour: 20,83 Ah.

Gaan we hetzelfde vermogen gebruiken op een 24 Volts accusysteem, dan hebben we dus  $250/24 = 10,42$  Ampere-uur nodig voor een uur; 10,42 Ah

Omdat kabelverliezen groter zijn (dus een lager rendement) bij lagere spanningen (dus meer Amperes, hogere stromen), worden veel elektrische fietsen voorzien van 24 volt of 36 Volt accu-packs. Vaak zitten daar 2 of 3 accu's in serie (3 x 12 Volt achter elkaar is 36 Volt, nominaal).

Heeft u een 36 volts accusysteem, dan heeft u dus  $250/36 = 6,9$  Ampere-uur nodig; 6,9 Ah.

Het 'helemaal leegtrekken' van een accusysteem is meestal niet goed en na verloop van een aantal cycli (1x laden, 1x gebruiken) neemt de capaciteit van de accupack af. Bij de meeste accusystemen gaat dat sneller als de accu's verder leeggetrokken worden. Bij ontladen tot 20% van de capaciteit kan dat bijvoorbeeld 250 keer, bij ontladen tot 50% is dat bijvoorbeeld 900 keer.

Daarnaast is het in de praktijk bijna onmogelijk om een accusysteem 100% leeg te trekken dus is het slim om hier een reserve in te houden. Reken op maximaal 80% gebruik van de accupack.

Heeft u dus een accupack van 10Ah, ga er dan vanuit dat er dus maar  $10 \cdot 80\% = 8$  Ampere-uur uit de accu's te gebruiken is.

Het vermogen wordt uitgedrukt in Watt; bij gelijkstroom zoals bij accu's is dat spanning x stroom, dus Volt x Ampere. Er wordt dus ook wel gerekend in Watt-Uur, oftewel Wh.

Een accu van 24 volt 10 Ampere-Uur heeft dus een capaciteit van  $24 \cdot 10 = 240$  Wh

Een klein tabelletje van wat mogelijkheden:

<i>Accusysteem</i>	<i>Spanning</i>	<i>Capaciteit</i>	<i>Theoretisch vermogen</i>	<i>Te gebruiken vermogen (80%)</i>
24 Volt 10Ah	24 V	10 Ah	240 Wh	192 Wh
24 Volt 12Ah	24 V	12 Ah	288 Wh	230 Wh
24 Volt 20 Ah	24 V	20 Ah	480 Wh	384 Wh
36 Volt 8Ah	36 V	8 Ah	288 Wh	230 Wh
36 Volt 10 Ah	36 V	10 Ah	360 Wh	288 Wh
36 Volt 12 Ah	36 V	12 Ah	432 Wh	346 Wh
36 Volt 20 Ah	36 V	20 Ah	720 Wh	576 Wh

Dit zijn allemaal standaard toegepaste accu-systemen, u ziet wel dat het vermogen van een 36 Volt 20Ah systeem 3 keer zo hoog is dan het kleinere (vaak standaard toegepast op eenvoudige systemen) 24 Volt 10Ah systeem. U komt dus ook 3 keer zo ver met een enkele accu-lading!

## **Wat heb ik nu nodig?**

In eerste instantie moet u kijken naar wat u aan ondersteuning nodig heeft.

Bent u gehandicapt of heeft u een chronische ziekte, dan zal u vaak 100% ondersteuning willen hebben.

Zeker ook bij het wegrijden. Dat betekent dus al snel dat de motor 250 Watt moet kunnen leveren.

Als we ervanuit gaan dat u zelf nog wat kan doen, levert u bijvoorbeeld 10% en de motor dus 90% van het benodigde vermogen.

Veel andere mensen hebben maar een 30% ondersteuning nodig: u doet 70% van het werk en de motor doet maar 30% van het werk.

Overigens wordt met deze percentages wel eens wat extra onduidelijkheid gegeven, afhankelijk van het uitgangspunt.

Hier in de berekeningen ga ik uit van het totale vermogen wat nodig is om het wiel te laten draaien. Er wordt ook wel gesproken van ondersteuning t.o.v. de mens.

Bijvoorbeeld, er is 250 Watt vermogen nodig, de mens levert daarvan 70%, en dus volgens mijn berekeningen is dan 30% ondersteuning nodig, is 75Watt vanuit de motor.

De mens levert dus  $250 - 75 = 175$  Watt.

Nu zijn er dus fabrikanten die zo slim zijn om het vermogen van de motor te noemen aan de hand van het vermogen wat de mens levert. Dit is dus 75 Watt t.o.v. 175 Watt, en is dus bijna 43%.

Er wordt dan dus geschreven dat er 43% ondersteuning wordt geleverd, terwijl feitelijk maar 30% van het vermogen (ondersteuning) gegeven wordt door de motor.

Stel dat u dus zelf de helft van de benodigde energie kunt leveren om weg te komen, dan moet u dus een ondersteuning hebben ingeschakeld van 100%, namelijk de motor doet net zoveel als dat u levert. Vergelijk dit goed bij de specificaties van een fiets.

Staat er bijvoorbeeld “actieradius 50 km met 30% ondersteuning”, dan wordt er meestal niet vanuit gegaan dat u constant de maximale snelheid rijdt, en uitgaande van het percentage kan dit bijvoorbeeld betekenen:

- Benodigd vermogen gemiddeld 200 Watt, dus bij goede weersomstandigheden
- Accu's 100% leeg (dus niet de 80%, ook alleen mogelijk bij goede omstandigheden)
- U wordt met 30% van uw capaciteit ondersteund, niet van de benodigde energie.

Een overzichtje, voorbeeld bij benodigd vermogen 200Watt, uitgaande van 20 km/uur:

<i>Accu-systeem</i>	<i>Accu-capaciteit</i>	<i>Benodigd vermogen</i>	<i>Fietser levert</i>	<i>Motor levert</i>	<i>Genoemde ondersteuning</i>	<i>Rendement</i>	<i>Gebruikte energie</i>	<i>Max. aant. uren</i>	<i>Max. km bij 20km/uur</i>		
<b>Vaak aangeboden systeem:</b>											
<b>24 Volt 10Ah</b>	<b>192 Wh</b>	200 W	10%	20 W	90%	180 W	900%	65%	277 W	0,69 Uur	14 km
24 Volt 10Ah	192 Wh	200 W	30%	60 W	70%	140 W	233%	65%	215 W	0,89 Uur	18 km
24 Volt 10Ah	192 Wh	200 W	50%	100 W	50%	100 W	100%	65%	154 W	1,25 Uur	25 km
24 Volt 10Ah	192 Wh	200 W	70%	140 W	30%	60 W	43%	65%	92 W	2,08 Uur	42 km
24 Volt 10Ah	192 Wh	200 W	80%	160 W	20%	40 W	25%	65%	62 W	3,12 Uur	62 km
24 Volt 10Ah	192 Wh	200 W	90%	180 W	10%	20 W	11%	65%	31 W	6,24 Uur	125 km

Hierbij is de accu-capaciteit de echte capaciteit die u kunt gebruiken (dus 80% van de theoretische capaciteit, zie vorige tabel), en ben ik uitgegaan van een benodigd gemiddeld vermogen van 200Watt en dat u in totaal dus (de maximale actieradius) fietst totdat de accu's 80% leeg zijn.

Hierbij laten we even grotere verliezen door sneller leegtrekken van de accu's (afhankelijk van de soort accu kan een accu bij gebruik in 1 uur tijd bijv. maar 50% van de capaciteit hebben van de genoemde capaciteit) weg.

U ziet wel: voor een gezond persoon zijn deze accu's voldoende om een redelijke afstand te halen, uitgaande van een ondersteuning van 20%, oftewel 25% genoemd komt u namelijk op een actieradius van c.a. 62 km, dus 2x 31 km op een dag (bij nog relatief nieuwe accu's).

Gaan we uit van 250 Watt (dus wat meer doorfietsen), komt het op het volgende plaatje:

<i>Accu-systeem</i>	<i>Accu-capaciteit</i>	<i>Benodigde vermogen</i>	<i>Fietser levert</i>	<i>Motor levert</i>	<i>Genoemde ondersteuning</i>	<i>Rendement</i>	<i>Gebruikte energie</i>	<i>Max. aant. uren</i>	<i>Max. km bij 20km/uur</i>		
<b>Vaak aangeboden systeem:</b>											
<b>24 Volt 10Ah</b>	<b>192 Wh</b>	<b>250 W</b>	10%	25 W	90%	225 W	900%	65%	346 W	0,55 Uur	11 km
24 Volt 10Ah	192 Wh	250 W	30%	75 W	70%	175 W	233%	65%	269 W	0,71 Uur	14 km
24 Volt 10Ah	192 Wh	250 W	50%	125 W	50%	125 W	100%	65%	192 W	1,00 Uur	20 km
24 Volt 10Ah	192 Wh	250 W	70%	175 W	30%	75 W	43%	65%	115 W	1,66 Uur	33 km
24 Volt 10Ah	192 Wh	250 W	80%	200 W	20%	50 W	25%	65%	77 W	2,50 Uur	50 km
24 Volt 10Ah	192 Wh	250 W	90%	225 W	10%	25 W	11%	65%	38 W	4,99 Uur	100 km

Zelfs met een nieuw accustysteem met 30% (genoemd is 43%) ondersteuning moet u rekening houden met de mindere werkelijke capaciteit in deze korte ontlaadperiode waarbij de werkelijke capaciteit waarschijnlijk zo'n 50 tot 60% is. In plaats van 33 km moet u dus rekenen op een afstand van c.a. 18 km, 9 km enkele rit die nog goed mogelijk is.

<i>Accu-systeem</i>	<i>Accu-capaciteit</i>	<i>Benodigde vermogen</i>	<i>Fietser levert</i>	<i>Motor levert</i>	<i>Genoemde ondersteuning</i>	<i>Rendement</i>	<i>Gebruikte energie</i>	<i>Max. aant. uren</i>	<i>Max. km bij 20km/uur</i>		
<b>Zwaardere systeem:</b>											
<b>24 Volt 12Ah</b>	<b>230 Wh</b>	<b>200 W</b>	10%	20 W	90%	180 W	900%	65%	277 W	0,83 Uur	17 km
24 Volt 12Ah	230 Wh	200 W	30%	60 W	70%	140 W	233%	65%	215 W	1,07 Uur	21 km
24 Volt 12Ah	230 Wh	200 W	50%	100 W	50%	100 W	100%	65%	154 W	1,50 Uur	30 km
24 Volt 12Ah	230 Wh	200 W	70%	140 W	30%	60 W	43%	65%	92 W	2,50 Uur	50 km
24 Volt 12Ah	230 Wh	200 W	80%	160 W	20%	40 W	25%	65%	62 W	3,74 Uur	75 km
24 Volt 12Ah	230 Wh	200 W	90%	180 W	10%	20 W	11%	65%	31 W	7,49 Uur	150 km

Deze accu's zijn voor veel mensen een minimum; bij 50% ondersteuning (dus 100% genoemd), is een actieradius van zo'n 30 kilometer te halen, dus een leuk fietstochtje. Voor mensen met een beperking absoluut te weinig!

Een 'Licht uitgevoerd klassiek systeem' werkt op 36 Volt, met 8 Ah accu's. Hierdoor is een hoger rendement mogelijk. We gaan hieronder uit van een rendement van 70%:



Omdat bijvoorbeeld lood-accu's (meestal toegepast, o.a. vanwege de prijs) het effect kennen dat ze minder capaciteit overhouden bij sneller ontladen, moet bij bijvoorbeeld 90% ondersteuning rekening gehouden worden met maar een werkelijk te gebruiken capaciteit van de accu's van ongeveer 50%. Dit is ook afhankelijk van de omgevingstemperatuur, de kwaliteit (ouderdom) van de accu's en de piek-belastingen. Het komt er daarom op neer dat in de praktijk met deze accupack (36 Volt, 10Ah) een actieradius van ong. 10 tot 12 kilometer reël te noemen is bij deze snelheid. Bij hogere snelheden of meer tegenwind wordt dit dus minder!

Reken met deze accupack dus op een actieradius van 10 kilometer, enkele rit maximaal 5 km.

Standaard gebruiken wij 12 Ampere-uur accu's op 36 Volt, het volgende plaatje:

<i>Accu-systeem</i>	<i>Accu-capaciteit</i>	<i>Benodigd vermogen</i>	<i>Fietsers levert</i>		<i>Motor levert</i>		<i>Genoemde ondersteuning</i>	<i>Rendement</i>	<i>Gebruikte energie</i>	<i>Max. aant. uren</i>	<i>Max. km bij 20km/uur</i>
<b>Normaal klassiek systeem:</b>											
<b>36 Volt 12 Ah</b>	<b>346 Wh</b>	<b>200 W</b>	10%	20 W	90%	180 W	900%	70%	257 W	1,34 Uur	27 km
36 Volt 12 Ah	346 Wh	200 W	30%	60 W	70%	140 W	233%	70%	200 W	1,73 Uur	35 km
36 Volt 12 Ah	346 Wh	200 W	50%	100 W	50%	100 W	100%	70%	143 W	2,42 Uur	48 km
36 Volt 12 Ah	346 Wh	200 W	70%	140 W	30%	60 W	43%	70%	86 W	4,03 Uur	81 km
36 Volt 12 Ah	346 Wh	200 W	80%	160 W	20%	40 W	25%	70%	57 W	6,05 Uur	121 km
36 Volt 12 Ah	346 Wh	200 W	90%	180 W	10%	20 W	11%	70%	29 W	12,10 Uur	242 km

Net als bij de kleinere systemen moet u hier rekening houden met een vermindering van de bruikbare capaciteit bij snel gebruik. Reken dus op een werkelijk actieradius van c.a. 15 km bij 90% ondersteuning (genoemd 900%). Als u langzamer gaat fietsen of meer meetrapt neemt die afstand dus toe en daarmee is dit systeem voor vele mensen met beperkingen een eerste reële optie.

Gaat u meer van de motor vragen en harder rijden, komt het neer op het volgende plaatje:

<i>Accu-systeem</i>	<i>Accu-capaciteit</i>	<i>Benodigd vermogen</i>	<i>Fietsers levert</i>		<i>Motor levert</i>		<i>Genoemde ondersteuning</i>	<i>Rendement</i>	<i>Gebruikte energie</i>	<i>Max. aant. uren</i>	<i>Max. km bij 20km/uur</i>
<b>Normaal klassiek systeem:</b>											
<b>36 Volt 12 Ah</b>	<b>346 Wh</b>	<b>250 W</b>	10%	25 W	90%	225 W	900%	70%	321 W	1,08 Uur	22 km
36 Volt 12 Ah	346 Wh	250 W	30%	75 W	70%	175 W	233%	70%	250 W	1,38 Uur	28 km
36 Volt 12 Ah	346 Wh	250 W	50%	125 W	50%	125 W	100%	70%	179 W	1,94 Uur	39 km
36 Volt 12 Ah	346 Wh	250 W	70%	175 W	30%	75 W	43%	70%	107 W	3,23 Uur	65 km

<i>Accu-systeem</i>	<i>Accu-capaciteit</i>	<i>Benodigd vermogen</i>	<i>Fietser levert</i>		<i>Motor levert</i>		<i>Genoemde ondersteuning</i>	<i>Rendement</i>	<i>Gebruikte energie</i>	<i>Max. aant. uren</i>	<i>Max. km bij 20km/uur</i>
36 Volt 12 Ah	346 Wh	250 W	80%	200 W	20%	50 W	25%	70%	71 W	4,84 Uur	97 km
36 Volt 12 Ah	346 Wh	250 W	90%	225 W	10%	25 W	11%	70%	36 W	9,68 Uur	194 km

Een enkele rit is daarmee nog steeds beperkt tot iets van 5 km, maar bij rustiger rijden of meer zelf trappen komt u wel duidelijk verder.

Kunt u voldoende zelf meetrappen en schakelt u de motor volledig is, komt het plaatje neer op het volgende:

<i>Accu-systeem</i>	<i>Accu-capaciteit</i>	<i>Benodigd vermogen</i>	<i>Fietser levert</i>		<i>Motor levert</i>		<i>Genoemde ondersteuning</i>	<i>Rendement</i>	<i>Gebruikte energie</i>	<i>Max. aant. uren</i>	<i>Max. km bij 20km/uur</i>
<b>Normaal klassiek systeem:</b>											
<b>36 Volt 12 Ah</b>	<b>346 Wh</b>	<b>277 W</b>	10%	28 W	90%	249 W	900%	70%	356 W	0,97 Uur	19 km

Op bijvoorbeeld 3-wiel elektrische ligfietsen gebruiken we wel zwaardere accu's om de actieradius verder op te schroeven, bijvoorbeeld 36 Volt, 20 Ah-accu's:

<i>Accu-systeem</i>	<i>Accu-capaciteit</i>	<i>Benodigd vermogen</i>	<i>Fietser levert</i>		<i>Motor levert</i>		<i>Genoemde ondersteuning</i>	<i>Rendement</i>	<i>Gebruikte energie</i>	<i>Max. aant. uren</i>	<i>Max. km bij 20km/uur</i>
<b>Normaal klassiek systeem:</b>											
36 Volt 20 Ah	576 Wh	200 W	10%	20 W	90%	180 W	900%	70%	257 W	2,24 Uur	45 km
36 Volt 20 Ah	576 Wh	200 W	30%	60 W	70%	140 W	233%	70%	200 W	2,88 Uur	58 km
36 Volt 20 Ah	576 Wh	200 W	50%	100 W	50%	100 W	100%	70%	143 W	4,03 Uur	81 km
36 Volt 20 Ah	576 Wh	200 W	70%	140 W	30%	60 W	43%	70%	86 W	6,72 Uur	134 km
36 Volt 20 Ah	576 Wh	200 W	80%	160 W	20%	40 W	25%	70%	57 W	10,08 Uur	202 km
36 Volt 20 Ah	576 Wh	200 W	90%	180 W	10%	20 W	11%	70%	29 W	20,16 Uur	403 km

Dit is voor veel mensen een reële mogelijkheid, als het – gehandicaptenvoertuig – nodig is om volledig op de motor naar huis te rijden als een scootmobiel, komt het plaatje neer op:

<i>Accu-systeem</i>	<i>Accu-capaciteit</i>	<i>Benodigde vermogen</i>	<i>Fietsers levert</i>		<i>Motor levert</i>		<i>Genoemde ondersteuning</i>	<i>Rendement</i>	<i>Gebruikte energie</i>	<i>Max. aant. uren</i>	<i>Max. km bij 20km/uur</i>
<b>Normaal klassiek systeem:</b>											
36 Volt 20 Ah	576 Wh	250 W	0%	0 W	100 %	250 W	n.v.t.	65%	385 W	1,50 Uur	30 km

Vanwege de afname van de accucapaciteit bij de hogere gebruiks-snelheden, moet gerekend worden op een actieradius van c.a. 15 km op de accu, een "thuiswerker" van ong. 8 km vanaf halverwege. Er is dan nog een kleine reservecapaciteit.

Dit is overigens ook een reden dat scootmobiel met grotere accu's worden uitgerust en langzamer rijden; dan neemt de actieradius flink toe.

Dubbele accu's:

<i>Accu-systeem</i>	<i>Accu-capaciteit</i>	<i>Benodigde vermogen</i>	<i>Fietsers levert</i>		<i>Motor levert</i>		<i>Genoemde ondersteuning</i>	<i>Rendement</i>	<i>Gebruikte energie</i>	<i>Max. aant. uren</i>	<i>Max. km bij 20km/uur</i>
<b>Dubbel klassiek systeem:</b>											
36 Volt 24 Ah	691 Wh	200 W	10%	20 W	90%	180 W	900%	70%	257 W	2,69 Uur	54 km
36 Volt 24 Ah	691 Wh	200 W	30%	60 W	70%	140 W	233%	70%	200 W	3,46 Uur	69 km
36 Volt 24 Ah	691 Wh	200 W	50%	100 W	50%	100 W	100%	70%	143 W	4,84 Uur	97 km
36 Volt 24 Ah	691 Wh	200 W	70%	140 W	30%	60 W	43%	70%	86 W	8,06 Uur	161 km

Dit systeem wordt regelmatig toegepast: 2 sets worden op de fiets bevestigd (meestal 1 voorop, 1 achterop) om de capaciteit te verhogen.

Dit levert een flinke verbetering op t.o.v. 1 accusysteem en in de praktijk (zie hieronder) ook t.o.v. 2 accusystemen die niet met elkaar verbonden worden.

Wordt er alleen op de motor gereden, komt het neer op het volgende:

<i>Accu-systeem</i>	<i>Accu-capaciteit</i>	<i>Benodigde vermogen</i>	<i>Fietsers levert</i>		<i>Motor levert</i>		<i>Genoemde ondersteuning</i>	<i>Rendement</i>	<i>Gebruikte energie</i>	<i>Max. aant. uren</i>	<i>Max. km bij 20km/uur</i>
<b>Dubbel klassiek systeem:</b>											
36 Volt 24 Ah	691 Wh	250 W	0%	0 W	100 %	250 W	n.v.t.	70%	357 W	1,94 Uur	39 km

De toe te passen actieradius voor gehandicapten is daarmee een 25 km zodat ook een afstand van 10 km veilig terug te rijden is op alleen de accu's.

## **(Overige) Factoren waarmee rekening te houden is**

- a) De kracht en mogelijkheden van de fietser.

Dit is waarschijnlijk wel de belangrijkste factor. Hoe lang houdt u het vol om de benodigde kracht en energie te leveren? Veel mensen gaan in de praktijk steeds meer van hun ondesteuning vragen en raken capaciteit kwijt. Is de capaciteit van de accu's het eerste jaar voldoende, vaak neemt de afstand toe die gefietst wordt en dan wordt meer uit de accu's gebruikt en minder getrap.

- Accu's gaan achteruit. Na een aantal maanden tot jaren neemt de capaciteit van de accu's af. Bij mensen die veel gebruik maken van de fiets is dit vaak al na een paar maanden goed merkbaar. Accu's die te zwaar belast worden gaan maar enkele 10-tallen keren opladen mee (afhankelijk van het type) tot enkele 100-en keren. Vaak moet rekening gehouden worden met 300 tot 600 x laden. Bij 3 keer in de week gebruik met 50 weken per jaar is dat dus 2 tot 4 jaar.

- De meeste accu's zijn niet bedoeld voor winter-temperaturen.

Niet alleen de directe capaciteit (aantal Ah dat bruikbaar is uit de accu's) neemt af, maar ook de spanning zodat het vermogen nog minder wordt. Dit is soms heel goed merkbaar: de fiets is 'lui' en geeft na 5 kilometer soms al bijna geen ondersteuning meer. Bij minder hard rijden gaat het vaak veel langer goed.

Te zwaar belasten betekent snel accu's vernieuwen. Lege accu's in een koude schuur – met vorst - opslaan is vaak funest voor de accu's en betekent dat u na de winter nieuwe accu's moet aanschaffen.

- 'Peukert-constante'. Accu's hebben bij zwaardere belasting minder bruikbare capaciteit.

Bij Lood-gel accu's wordt hiervoor wel de Peukert-constante gebruikt.

Een voorbeeld (dit is per type en fabrikaat accu verschillend):

De accu heeft een capaciteit van 12Ah bij 20 uur. Als dus in 20 uur tijd de accu 'leeggetrokken' wordt, en dus  $12 \text{ Ampere} / 20 = 0,6 \text{ Ampere}$  gebruikt wordt, heeft de accu een capaciteit van 12 Ampere-Uur. Bij gebruik in 10 uur is de capaciteit al duidelijk minder en bij gebruik in 2 of zelfs 1 uur is deze nog veel minder.

Een mogelijke tabel bij een Peukert-constante (redelijk standaard) van 1,25 is voor deze accu:

<u>Tijd (uren)</u>	<u>Capaciteit</u>	<u>Percentage van genoemd op verpakking (12Ah / 20h)</u>
20	12	100
10	10,09	84
5	8,49	71
6	8,88	74,01
4	8,02	66,87
3	7,47	62,23
2,5	7,14	59,46
2	6,75	56,23
1,5	6,28	52,33
1	5,67	47,29
0,75	5,28	44,01

Bij deze accu in het voorbeeld met 36 Volt, 12 Ampere uur een tweetal voorbeelden uit de standaard-tabel:

<i>Accu-systeem</i>	<i>Accu-capaciteit</i>	<i>Benodigde vermogen</i>	<i>Fietser levert</i>		<i>Motor levert</i>		<i>Genoemde ondersteuning</i>	<i>Rendement</i>	<i>Gebruikte energie</i>	<i>Max. aant. uren</i>	<i>Max. km bij 20km/uur</i>
<b>36 Volt 12 Ah</b>	<b>346 Wh</b>	<b>250 W</b>	10%	25 W	90%	225 W	900%	70%	321 W	1,08 Uur	22 km

<i>Accu-systeem</i>	<i>Accu-capaciteit</i>	<i>Benodigde vermogen</i>	<i>Fietser levert</i>		<i>Motor levert</i>		<i>Genoemde ondersteuning</i>	<i>Rendement</i>	<i>Gebruikte energie</i>	<i>Max. aant. uren</i>	<i>Max. km bij 20km/uur</i>
36 Volt 12 Ah	346 Wh	250 W	80%	200 W	20%	50 W	25%	70%	71 W	4,84 Uur	97 km

In het tweede voorbeeld, met 20% ondersteuning wordt de accu in c.a. 4,85 uur 'leeggetrokken'. De berekende bruikbare accu-capaciteit bij deze accu is dan nog 70,17%, oftewel 8,42 Ah. 70,17% van 97 km is ongeveer 68 kilometer actieradius.

Bij het eerste voorbeeld – iemand die de ondersteuning dus daadwerkelijk nodig heeft – wordt de accu in c.a. 1,08 uur 'leeggetrokken'. De berekende bruikbare accu-capaciteit is dan nog 48,21%, oftewel 5,78 Ah. Dit is dus een afstand van  $22 \cdot 48,21\% = 10,61$  km. Reken daarom met ongeveer 10 kilometer. Een extra rol gaan de verliezen in de kabels spelen bij dergelijke belastingen en mogelijk lagere rendementen van het systeem zodat het werkelijk aantal kilometers met ondersteuning bij deze snelheid waarschijnlijk snel lager zal liggen. Daarom gaat het tempo naar beneden zodat dit aantal kilometers nog wel haalbaar is.

Bij de wat betere accu's ligt de peukert-constante op 1,2 of zelfs beter zodat een hoger aantal kilometers gehaald kan worden, echter bij slechte weersomstandigheden of wat oudere accu's neemt de capaciteit weer snel af.

Voorbeeld bij de dubbele accucapaciteit en een betere accu (AGM):

<i>Accu-systeem</i>	<i>Accu-capaciteit</i>	<i>Benodigde vermogen</i>	<i>Fietser levert</i>		<i>Motor levert</i>		<i>Genoemde ondersteuning</i>	<i>Rendement</i>	<i>Gebruikte energie</i>	<i>Max. aant. uren</i>	<i>Max. km bij 20km/uur</i>
<b>Dubbel klassiek systeem:</b>											
36 Volt 24 Ah	691 Wh	200 W	10%	20 W	90%	180 W	900%	70%	257 W	2,69 Uur	54 km
36 Volt 24 Ah	691 Wh	200 W	70%	140 W	30%	60 W	43%	70%	86 W	8,06 Uur	161 km

De peukert-constante is hierbij 1,2 en dat betekent in dit geval voor de accu's:

- Bij 90% ondersteuning, dus 2,69 Uur 'normaal' blijft de accu 66,95%, is 16,07 Ah effectief. Actieradius dus c.a. 36 km en 18 km enkele rit.
- Bij 30% ondersteuning, dus 8,06 uur 'normaal' blijft de accu 83,38%, is 20,01 Ah effectief. Actieradius is dus c.a. 134 kilometer en 67 km voor een enkele rit.

Het is duidelijk dat door de verdubbeling van de capaciteit van 12 naar 24 Ah en de keuze voor de betere accu's juist bij veel-ondersteuning de eind-capaciteit flink omhoog gaat:

bij 90% ondersteuning: 36 km i.p.v. 10,61 km is 3,39 keer zo grote afstand

Bij minder gewenste ondersteuning is het effect minder groot en is het ook niet zo snel noodzakelijk om een dergelijke verdubbeling van de capaciteit uit te voeren.

## Samenvatting:

De keuze van de soort elektrificatie en met name de keuze voor het type accu's en de benodigde capaciteit is sterk afhankelijk van wie er op de fiets of hulpmiddel gaat rijden. De keuze voor 24 Volt, 10 Ah accu's is voor een persoon die alleen 'een steuntje in de rug' wilt voldoende maar iemand die echt ondersteuning nodig heeft, heeft al snel 36 Volt, 12 Ah nodig.