

Naslov članka/Article:

Električno kolo

Electric Bicycle

Avtor/Author:

dr. Mojca Čepič

CC licenca



Priznanje avtorstva-Nekomercialno-Brez predelav



Fizika v šoli 1/2025, letnik 30

ISSN 1318-6388

Izdal in založil: Zavod Republike Slovenije za šolstvo

Kraj in leto izdaje: Ljubljana, 2025

Spletna stran revije:

<https://www.zrss.si/strokovne-revije/fizika-v-soli/>

Električno kolo

Electric Bicycle

Dr. Mojca Čepič

Univerza v Ljubljani, Pedagoška fakulteta



Slika 1: Levo kolo deluje na mišice, desno je električno. Skupaj s prtljago tehta navadno obloženo kolo okoli 30 kg, električno pa okoli 35 kg.

Izveček

Prispevek obravnava energijske pretvorbe pri navadnem in električnem kolesu ter kako opraviti z eno polnitvijo čim daljšo/višjo kolesarsko turo. Obravnava je konceptualna, a pristop omogoča uporabo razmislekov tudi za druge podobne sisteme, kjer potekajo pretvorbe kemijske energije v kinetično ali potencialno, na primer za avtomobile.

Ključne besede: energijske pretvorbe, električno kolo, sistem, drugi Newtonov zakon

Abstract

This paper investigates energy conversions in conventional and electric bicycles, focusing on optimising range and elevation gain during a single-charge cycling tour. It conceptually analyses the conversion of chemical energy into kinetic and potential energy and may be applied to analogous systems, such as cars.

Keywords: energy conversions, electric bicycle, system, Newton's second law

Pred tremi leti sem dobila električno kolo. Saj sem se mu dolgo upirala, še posebej za potovalna kolesarjenja, a takrat sva z mojim izbrala turo, ki je prvih pet dni vključevala od 600- do 900-metrске dnevne vzpone (Slika

1). V časih, ko sem še gorsko kolesarila, bi to z gorskimi kolesom ne predstavljalo problemov, a deset let kasneje in z desetimi kilogrami več ter vsaj petnajst kilogramov težjim potovalnim kolesom od gorskega so bili vzponi

takega obsega zgolj želja. No, pa sem dobila potovalno električno kolo, na katero je mogoče navesti prtljago in ki ima gume, ki prav spodobno peljejo tudi po makadamskih vzponih in spustih. Seveda je moja fizikalna duša med vožnjo neprestano razmišljala o novi pridobitvi, a bolj s holističnega vidika. Kako deluje baterija in kako elektromotor, me ni preveč zanimalo, zanimalo me je bolj, kako voziti novo pridobitev, da pred zaključnim vzponom ne ostaneš s prazno baterijo.

Svoja razmišljanja in dognanja želim sedaj deliti tudi z vami. Ta prispevek je organiziran takole. Najprej se poukvarjamo z energijskimi pretvorbami, ko sta v dogajanje vpletena človek in navadno kolo. Nato si oglejmo, kako električno kolo deluje in kako se razmere spremenijo, če dodamo kolesu še elektromotor in baterijo. In na koncu poskušajmo razviti še metodologijo, kako poskrbeti, da lahko z eno polnitvijo baterije prevozimo čim več, a še vedno le z naporom, ki ga zmoremo in ni neprijeten. To zadnje je včasih zelo pomembno, saj ne najdemo vedno možnosti za polnjenje baterije pa tudi nimamo vedno s seboj polnilnika, saj se pri nekaterih kolesarjih cilji izleta zlahka spremenijo.

Energijske pretvorbe pri običajnem kolesarjenju

Oglejmo si najprej delo in energijo pri kolesarjenju na navadnem kolesu. Sicer mnogi fiziki menijo, da je pri energijski obravnavi potrebno izbrati ustrezen sistem, sama nisem tega mnenja. Izbira sistema za razumevanje ni nujna, lahko ga pa olajša. V mnogih prispevkih v mednarodnih revijah in v naših učbenikih pa avtorji vseeno pogosto navajajo, da mora biti sistem »pravilno« izbran. Običajno »pravilna« izbira sistema pomeni, da lahko prejeto/oddano delo, energijske pretvorbe in podobno elegantno izračunamo. Dodatno tudi zahtevamo različne idealne lastnosti teles, npr. točkasto telo, togo telo in tako dalje, pri življenjskih primerih, kot je npr. hoja človeka po stopnicah, pa se rado zatakne. Moje mnenje je, da mora učitelj fizike znati speljati energijsko obravnavo vsakega sistema, ne samo togih klad na klanjih. Zavedati pa se mora tudi, da je energijska obravnavo običajno možna zgolj na konceptualni ravni. To pomeni, da identificiramo, ali telo (sistem običajno vsebuje več teles), ki prejema energijo ali jo oddaja, da identificiramo sile, s katerimi telesa izven sistema delujejo na telesa v sistemu, torej zunanje sile, da identificiramo, katere od teh sil omogočajo prenos energije v ali iz obravnavanega na druga telesa, in sile, ki omogočajo energijske pretvorbe, a ne opravljajo dela itd. Pri taki obravnavi ni potrebno zahtevati, da so telesa točkasta ali toga. Pogosto se zgodi, da marsikatero spremembo, opravljenega dela, oddane toplote itd., ne moremo količinsko ovrednotiti, a dogajanje lahko dobro opišemo in razumemo. Tega, drugega, pristopa se bomo poslužili tudi v obravnavi vožnje kolesa.

Obravnavajmo najprej enostavno vožnjo po ravnem. Kolesar in kolo na začetku mirujeta, nato kolesar začne pritiskati na pedala, kolesar in kolo se gibljeta pospešeno, dokler ne dosežeta načinu potovanja zelene hitrosti.

Za boljšo ilustracijo se lotimo najprej obravnave na tri načine. Opišimo, kaj se dogaja s kolesom in kolesarjem, ki skupaj tvorita *sistem*, ter kako lahko obravnavamo *kolo* in *kolesarja ločeno*. Naj besede v kurzivi predstavljajo poimenovanje obravnavanega sistema.

Sistem sestavlja več teles. Nanj delujejo zunanje sile, torej sile, ki ne delujejo med telesi sistema, in te v določenih okoliščinah lahko opravljajo delo. Zaradi prejetega dela se celotnemu sistemu energija poveča, zaradi oddane pa zmanjša. Sprememba celotne energije se vedno nanaša na vsoto vseh energij, ki jih sistem ima. Podobno velja za prejeto/oddano toploto, ki prav tako spremeni celotno energijo sistema. Pri obravnavi pogosto pozabimo na telesa, ki so del sistema, a včasih nam prav skupna obravnavo teles kot sistema prinese številna spoznanja.

Obravnavajmo torej najprej »sistem«, kolo in kolesarja skupaj. V mirovanju so prisotne naslednje vrste energij. Kolesar je pojedel malico, torej ima poleg notranje energije zaradi svoje temperature (in agregatnega stanja) tudi kemijsko energijo shranjeno v glikogenu v jetrih, pa tudi druge. Kolo ima notranjo energijo zaradi svoje temperature. Kinetične energije kolo in kolesar nimata, potencialne tudi ne, za kar poskrbimo z izbiro izhodišča in z mirovanjem obeh v njem. Če je kolo enostavno, torej brez vzmetenja, pozabimo na prožnostno energijo, in brez baterije pozabimo še na kemijsko energijo baterije in to je to. Predpostavimo, da se kolesarju in kolesu temperatura ne spreminja, se pravi, da kolesar vozi zložno, tako se nam s spremembami notranje energije ni treba ukvarjati.

Na začetku dogajanja ima torej kolesar kemijsko energijo, ta se med kolesarjenjem zmanjša, na njen račun se poveča kinetična energija kolesa in kolesarja. Kemijska energija se neprestano zmanjšuje tudi kasneje, ko kolesar vozi enakomerno.

Spomnimo se, da drugi Newtonov zakon zagotavlja pospešek, če vsota vseh sil na telo/sistem ni enaka nič. Ali to velja za kolesarja in kolo med pospeševanjem? Zagotovo. Na kolo delujeta poleg teže in podlage še dve sili, sila lepenja, ki deluje v smeri vožnje, ter sila zračnega upora v nasprotni smeri vožnje.

Sila lepenja ne opravlja dela, ker kolo v točki stika miruje in premika prijemališča sile ni. Sila lepenja zato ne prenaša energije iz okolice v »sistem« in obratno, ni vzrok za prenos energije iz sistema v okolico. Povzročča pa pospešek sistema. Z energijskega stališča velja, da sila lepenja omogoča pretvorbo kemijske energije kolesarja v kinetično energijo sistema, dokler sistem pospešuje. Iz izkušenj vemo, da na ledu, kjer lahko na lepenje pozabimo, ni učinkovitega pospeševanja. Sistem opravlja tudi delo

na okolici. Pospešuje namreč zrak, ki se mora s hitrostjo kolesa in kolesarja umakniti izpred njiju in zapolniti luknjo, ki jo v zraku pustita za seboj. Pravimo, da kolesar premaguje zračni upor. Ob tem opravlja delo na zraku, oddaja energijo okolici, saj se prijemališče sile zračnega upora premika. Zato se zlagoma znižuje kemijska energija kolesarja, kot smo že omenili. Ko je hitrost dovolj velika in se sistem giblje enakomerno, sta sili lepenja in zračni upor v ravnovesju, sistemu pa se na račun opravljanja dela na okolici zmanjšuje kemijska energija.

Do sedaj smo govorili o sistemu, ni pa nas zanimalo, kako dejansko pretvorbe energije iz ene oblike v drugo potekajo. Fiziki radi poimenujejo spremembo ene oblike energije v drugo, npr. kemijske v kinetično, kot delo notranjih sil. Notranje sile sicer lahko razumemo kot mehanizem, ki omogoča pretvorbe med različnimi vrstami energij, vprašanje pa je, če to poimenovanje res potrebujemo. Moje osebno mnenje je, da poimenovanje »delo notranjih sil« ne dodaja k razumevanju pojava, ampak nekatere okoliščine enostavno skrije, kar lahko zvedavega učenca zgolj bega.

A vseeno si oglejmo alternativno obliko obravnave dela notranjih sil, namesto sistema obravnavajmo ločeno »kolesarja« in »kolo«. Na ta način bomo lahko tudi obravnavali dejanske sile, ki jih drugače skrijemo pod ime »notranje sile«, če oba obravnavamo kot en sam sistem.

Najprej kolesar. Kolesar pritiska pedala v smeri gibanja pedalov, prijemališče sile noge na pedal se premika, zato kolesar opravlja delo na kolesu. Kolo samo pospešuje sila lepenja, ki omogoča pretvorbo prejetega dela v kinetično energijo. Hkrati pa kolo deluje tudi na kolesarja. Oprijem balance, sila sedeža na zadnjo plat kolesarja in sila pedalov na kolesarjeve noge imajo komponento v smeri premika prijemališča teh sil. Zato kolo opravlja delo na kolesarju in ga pospešuje. Nekaj energije, prejete od kolesarja, kolo kolesarju vrne, kolesarju se zato poveča hitrost oziroma premaguje silo upora zraka. Enako velja za kolo, prejeto kolesarjevo delo se delno pretvori v kinetično energijo, delno opravi kolo delo na kolesarju, mu del prejetega dela pravzaprav vrne, in opravi delo na okoliškem zraku. Sile, ki te pretvorbe in prenose omogočajo, so pravkar našteje sile med kolesom in kolesarjem in so v »sistemu« notranje sile.

Pri gorskem kolesarjenju je analiza le malo drugačna. Poleg kinetične energije imata kolo in kolesar lahko tudi potencialno energijo, ki je povezana s spremembo nadmorske višine. Sila lepenja kolesa ob podlagi ima tudi navpično komponento, zato kolesa ne pospešuje zgolj vzporedno s podlago,

temveč ga tudi dviguje. Na enak način analiza sil med kolesom in kolesarjem pokaže, da imajo te sile navpične komponente, ki kolesarja tudi dvigajo in omogočajo, da se del dela, ki ga kolesar prejme nazaj od kolesa, pretvori v potencialno energijo.

Električno kolo pri vseh teh procesih kolesarju pomaga tako, da povečuje navor nog na pedalih.

Električno kolo

Električno kolo ima baterijo in v njej uskladiščeno kemijsko energijo. Na tem mestu naj pripomnim, da je »električna energija« nekaj, kar uporablja zapis na položnicah, a fiziki tedaj plačujemo »električno delo«. V fizikalnem besednjaku pojma »električna energija« ni. Morda ga lahko uporabimo le za »energijo električnega polja« oziroma, natančneje, za energijo prostora, v katerem je električno polje.

V bateriji potekajo pretvorbe kemijske energije v električno potencialno energijo elektrod. Kemijske reakcije sproščajo ione in elektrone s površine elektrod. Zaradi tega je ob površini različnih elektrod gostota različnih ionov različna in se sproži difuzijski proces. Ker pa so ioni in elektroni nabiti, je tok delcev povezan s tokom naboja, ki pa znotraj baterije teče od negativne elektrode/katode na pozitivno/anodo. Obe se zaradi tega nabijata tako dolgo, dokler se v bateriji z odprtima priključkoma ne vzpostavi ravnovesje med tokom ionov zaradi električnega polja med anodo in katodo in difuzijskim tokom v obratni smeri zaradi razlike koncentracij ionov, ki so posledica kemijskih reakcij na površinah elektrod. Ko baterijo priključimo, npr. kratko sklenemo, si lahko predstavljamo dve vzporedni povezavi med anodo in katodo, povezava po žicah ima majhen upor, druga skozi elektrolit v bateriji pa velik. Zato tok teče pretežno po



Slika 2: Baterija se skriva v odebeljenem nosilnem okvirju, elektromotor pa neposredno v bližini osi pedalov.

žicah, v bateriji pa teče med elektrodama difuzijski tok v nasprotni smeri kot tok med elektrodama zaradi električnega polja znotraj baterije, njuna razlika pa teče po žicah.

Katere baterije so montirane v električna kolesa? Baterije na kolesih so lahko dodatne, običajno so montirane pod prtljažnik, so manjše in so namenjene pretežno vožnjam na krajše razdalje, npr. do službe, po nakupih ali krajših ravninskih izletih nekje do 50 km. Skladiščijo navadno do 250 Wh. Kolesa, ki so namenjena daljšim vožnjam, npr. kolesarskim potovanjem, imajo 500 do 750 Wh. Razvoj na tem področju je hiter, in moje kolo s 500 Wh ima že zastarelo baterijo. Taka kolesa zmorejo razdalje do 150 km po ravnini in nekje do 1400 višinskih metrov ob razdalji okoli 50 km. Če je strmina velika, zmorejo manj, a o tem kasneje. Električna gorska kolesa imajo zato baterije s čim večjo kapaciteto, s 500 Wh se ne greš resnega gorskega kolesarjenja.

Kako deluje električno kolo? Električno kolo ima tri dodatne komponente poleg baterije. Elektromotor, ojačevalnik navora in kontrolni mehanizem zanj. Ko kolesar pritisne na pedal, elektromotor za določen faktor ojači navor pedala na kolo. Za kolikšen faktor elektromotor ojačuje navor, je odvisno od nastavitve, ki jo izbere kolesar. Moje kolo ima pet diskretnih stopenj. Prva stopnja poveča navor relativno malo, a z njeno pomočjo je na ravni in gladki asfaltni cesti prijetno voziti s hitrostjo blizu 25 km/h. Moja »prijetna« hitrost pri navadnem kolesu v enakih razmerah se giblje med 18 in 22 km/h, a za 22 km/h se moram že truditi. Največja hitrost, pri kateri motor še pomaga, je urejena z regulativo držav in je prednastavljena. V Evropi se pomoč izključi pri hitrosti 25 km/h.

Višje stopnje pomagajo predvsem pri vožnji v klanec. A kolesar nima samo možnosti regulacije stopnje elektromotorja, temveč ima na voljo tudi običajne prestave. Kombinacija elektromotorja in prestave omogoči prijetno vožnjo kljub klancem.



Slika 3: Pomembne nadzorne in krmilne komponente električnega kolesa.

Kako varčevati z zalogo energije v bateriji? To vprašanje je pomembno. Pri načrtovanju kolesarskih poti se lahko zgodi, da bi si želeli skočiti še na en kucelj, a tudi povratek pogosto zahteva nekaj vzponov, ki so s težkim električnim kolesom s prazno baterijo reees neprijetni.

Energijske spremembe pri električnem kolesu

Najprej analizirajmo energijske spremembe v »sistemu«, za podrobnejše razumevanje pa bomo potrebovali še ločeno analizo energijskih sprememb kolesarja in kolesa. Ne ostajajmo omejeni na vožnjo po ravnem, ampak naj spremembe mehanske energije sistema vsebujejo spremembe kinetične in potencialne energije, gorski kolesarji, le naprej.

Osnovno energijsko analizo začnimo s pregledom energij v začetni točki (A), v kateri sistem miruje in je izhodišče za potencialno energijo, in v točki analize (B) kadarkoli med kolesarjenjem. Predpostavimo tako kot prej, da ne bomo obravnavali sprememb notranje energije kolesa in kolesarja oziroma da je njuna temperatura v glavnem stalna.

Energijske komponente v A:

$$W_{kem,ks}(A) + W_{kem,ko}(A) \quad (1a)$$

Energijske komponente v B:

$$W_{kem,ks}(B) + W_{kem,ko}(B) + W_{kin,ks}(B) + W_{kin,ko}(B) + W_{pot,ks}(B) + W_{pot,ko}(B) \quad (1b)$$

Oddano delo in toplota:

$$A_{ks} + A_{ko} + Q_{ks} + Q_{ko} \quad (1c)$$

Kjer smo z indeksom »ks« označili kolesarja kot prvo komponento sistema in z indeksom »ko« kolo kot drugo komponento sistema. Indeksi »kem«, »kin« in »pot« predstavljajo kemijsko, kinetično in potencialno energijo posamezne komponente sistema. Oba, kolesar in kolo, opravita delo $A_{ks} + A_{ko}$ na okolici, ko odrivata zrak. Oba sta tudi oddala toploto $Q_{ks} + Q_{ko}$, saj ima človek višjo temperaturo od okolice, kolesu se pa, vsaj ob zaviranju, občasno poviša temperatura nad temperaturo okolice.

Ker je energija neuničljiva, mora biti »zaloga« energije v točki A (1a) enaka zalogi energije v točki B (1b) ter celotnemu oddanemu delu in oddani toploti sistema med točkama A in B (1c).

Proces pretvorbe kolesarjeve kemijske energije v kinetično oziroma potencialno energijo poteka, kot že omenjeno, preko pritiskanja pedalov, kolesar opravlja delo na kolesu, kolo pa nazaj opravlja delo na kolesarja in nekaj oziroma celo večino prejetega dela vrača. Zato pod A_{ks} razumemo neto opravljeno delo kolesarja, se pravi razliko med delom, opravljenim s pritiskanjem pedalov, in delom, ki ga je opravilo kolo s pospeševanjem in/ali dvigovanjem na kolesarju. Podobno velja tudi za A_{ko} , le predznaki so nasprotni.

Podrobneje si oglejmo opravljanje dela kolesarja zaradi vrtenja pedalov $A_{kolesar}$. Indeks smo napisali na dolgo, da ne zamešamo z neto opravljenim delom kolesarja. Kolesar pritiska na pedala. Ljubiteljski kolesarji običajno pritiskajo z nogama le navpično navzdol, še posebej, če nimajo vpetih stopal. Navor na pedala je največji tedaj, ko je ročica pedala vodoravna, in je manjši pri drugih kotih. Celotno opravljeno delo v polovici obrata lahko ocenimo nekoliko navzdol

$$A_{kolesar} = \int_0^\pi \bar{F} r \sin \varphi d\varphi = 2 \bar{F} r \quad (2)$$

Pri tem je sila \bar{F} povprečna sila kolesarjeve noge na pedal med obratom in r dolžina ročice pedala, kot φ pa kot med smerjo sile in ročice pedala. Ker vsi kolesarji vemo, da je kolo stabilno le, kadar se giblje, moramo delo opravljati vsaj z močjo, ki še zagotavlja hitrost, pri kateri se kolo še ne prevrne. Pri zelo stabilnih kolesih je hitrost lahko tudi okoli 2,5 km/h, običajno pa so spodnje meje nekje okoli 4 km/h. Ta spodnja hitrost je zelo pomembna pri vožnji po strmih terenu navzgor, ker jo mora kolesar z vlaganjem dela zagotavljati. Zato mora kolesar na kolesu delo opravljati z neko najmanjšo močjo

$$P_{kolesar} = \bar{F} v_{noge} \quad (3)$$

V enačbi (3) je s $P_{kolesar}$ označena moč kolesarja, s katero opravlja delo na kolesu, v_{noge} je obodna hitrost, s katero kolesar obrača pedala v obravnavanem trenutku, silo \bar{F} pa poznamo že iz (2). Sila \bar{F} je omejena navzgor, običajno je to sila, s katero se pri teku po stopnicah navzgor odrivamo od tal. Tega običajni netrenirani ljudje ne zdržijo prav dolgo. Zato kolesar zavestno prilagaja pritisk na pedale in hitrost obračanja pedalov. Frekvenco obračanja pedalov merimo v številu vrtljajev predalov na minuto in jo imenujemo »kadenca«. Moja kadenca je majhna, ker rada vrtim pedale počasi. Če si ogledate kolesarsko tekmo, pa vidite, da je pri profesionalnih kolesarjih kadenca velika. A sedaj se pogovarjamo o »električnem kolesarju«, ki je ali len ali star ali oboje. Toda tudi vrhunski gorski kolesarji v poznih letih, ko moči niso več enake, uporabljajo električna kolesa in z njimi še vedno delajo vrhunske vzpone, ki jih lahko mnogi mlajši, čeprav na električnih kolesih, le sanjajo.

Skratka, pri optimalni vožnji naj bi bila kadenca stalna, silo noge pa prilagajamo z izbiro prestav. Tisti, ki potrebujemo električno kolo, ne moremo skrbeti za ustrezno kadenco tudi v najnižji prestavi, če je vzpon strm, skratka, postanemo prepočasni in kolo se prevrne. Potiskanje kolesa v breg pa res ni užitek. Na tem mestu pa sedaj nastopi baterija.

Zapišimo še enkrat enačbo (3) v obliki, ki je všeč elektromotorju

$$P_{kolesar} = M_{kolesar} \omega_{pedal} \quad (4)$$

Navor kolesarja $M_{kolesar}$ ojači elektromotor, in sicer navor, ki napenja verigo, se poveča za faktor, odvisen od stopnje, ki jo nastavi kolesar.

$$M_{kolesar} + M_{emotor} = k M_{kolesar} \quad (5)$$

Faktor k v (5) predstavlja ojačitev navora in je vedno večji od 1. Kolesar poganja z močjo (4), elektromotor pa pretvarja kemijsko energijo baterije v izkoriščeno električno delo kot $P_{emotor} = (k - 1) P_{kolesar}$. Pri prvi stopnji doda elektromotor okoli 25 % kolesarjeve moči, torej $0,25 P_{kolesar}$, v peti oziroma zadnji stopnji pa celo dvakratno kolesarjevo moč. Na prvi stopnji premagujemo razdaljo ali klanec z $1,25 P_{kolesar}$, v peti pa s $3 P_{kolesar}$.

Preostane nam le še razmislek, kako »varčevati z baterijo« oziroma fizikalno korektno, kako varčevati s pretvorbo kemijske energije v bateriji v električno delo elektromotorja. Pa uporabimo govorico gorskih kolesarjev in se pogovarjamo o višincih oziroma o metrih vzpona, ki jih je med turo opravil kolesar. K višincem štejejo le metri vzpona, če se vmes spuščamo, tega merilnik višincev ne beleži. Običajna nezahtevna tura ima okoli 1000 višincev oziroma 1000 višinskih metrov vzpona. Če je strma, je lahko višincev manj, če je položna, pa več, vsaj tako meri kolesar preko svoje utrujenosti. Gorski kolesarji, ki vozijo mnogo, se ne bodo strinjali z menoj, pri njih se merijo višinci v tisočih metrih na dan. A ostanimo pri ljubiteljih.

Naj bo tura za analizo takšna, ko gre navzgor, gre navzgor, ko gre navzdol, gre samo in ne potrebujemo pomoči elektromotorja, ravnih in hitrih delov, kjer je pomoč tudi dobrodošla, naj bo le malo in lahko v teh delih pomoč zanemarimo.

Če kolesar opravi običajno turo s kolesom brez pomoči, pravimo, da je »naredil 1000 višincev«. Če opravi pot z e-kolesom v prvi stopnji, opravi petino celotnega vzpona, torej 200 m, »baterija«, 800 m pa kolesar. Če opravi celoten vzpon na tretji stopnji, kjer je moč podvojenjena, opravi polovico, torej 500 m, baterija, 500 m pa kolesar. Vidite, tako je to. Čim manjša je stopnja, v kateri vozimo, tem večji je delež dela, ki ga vloži kolesar. A ker moramo v nižji stopnji običajno prestaviti tudi v nižje prestave, je tudi vožnja zato počasnejša in tura, ki bi v četrti stopnji trajala eno uro, lahko v drugi stopnji traja dve.

Zaključek

Kolesarjenje tudi z e-kolesom zahteva določen napor, a napor je manjši in kolesar ima na voljo večji razpon prilagajanja. Če hoče kolesar opraviti čim daljšo pot oziroma čim več višincev, mora voziti v čim nižji stopnji, kar pomeni, da mora čim večji delež potrebnega dela opraviti v potu svojega obraza.

Pa še nasvet lenušne kolesarke. Izberite si visok cilj, več kot 1200 višincev, le takrat, kadar zagotovo lahko vmes polnite baterijo, in ne pozabite doma priključka za polnjenje. Električna kolesa tehtajo 25 kg in več in res niso primerna za vožnjo navkreber brez baterije, vsaj za lenuhe in tiste z manjšo kondicijo ne.