

Univerza
v Ljubljani
Fakulteta
za gradbeništvo
in geodezijo

Janova 2
1000 Ljubljana, Slovenija
telefon (01) 47 68 500
faks (01) 42 50 681
fgg@fgg.uni-lj.si



Univerzitetni program Geodezija,
smer Geodezija

Kandidat:

Matevž Domajnko

Oblikovanje znakovnega in foto-realističnega trirazsežnostnega kartografskega prikaza

Diplomska naloga št.: 765

Mentor:
doc. dr. Dušan Petrovič

Ljubljana, 18. 9. 2008

STRAN ZA POPRAVKE

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani **MATEVŽ DOMAJNKO** izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom:
»Oblikovanje znakovnega in foto-realisti nega trirazsežnega kartografskega prikaza«.

Izjavljam, da se odpovedujem vsem materialnim avtorskim pravicam iz dela za potrebe elektronskega arhiva FGG.

Ljubljana, 05. 09. 08

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLE EK

UDK: 528.9 (043.2)
Avtor: Matevž Domajnko
Mentor: doc. dr. Dušan Petrovi
Naslov: Oblikovanje znakovnega in foto-realisti nega trirazsežnega kartografskega prikaza
Obseg in oprema: 78 strani, 11 slik, 4 priloge
Ključne besede: 3R-karta, oblikovanje 3R-kartografskih prikazov, 3R-kartografska generalizacija

Izve ek:

Kartografija doživlja v zadnjih desetletjih korenite spremembe, h katerim je pripomogel razvoj znanosti in novih tehnologij. Raunalniška tehnologija je omogočila nove možnosti uporabe kart in izdelavo novih oblik kartografskih predstavitev, ki omogočijo uporabniku bolj učinkovito pridobivanje podatkov o prostoru. Eden takih modernejših kartografskih prikazov je trirazsežna karta, ki izboljša razumevanje in dojemanje predstavitve višin.

Diplomska naloga obravnava izdelavo in oblikovanje 3R-kart, pri čemer se osredotoča na značilnosti in razlike med znakovnim in foto-realističnim trirazsežnim kartografskim prikazom. Predstavljene so grafične spremenljivke, s pomočjo katerih se oblikuje kartografska vsebina na trirazsežni karti, in generalizacija v 3R-kartografskem modelu, brez katere ni mogoče izdelati kakovostne 3R-karte.

Izdelava in oblikovanje 3R-kart je preizkušena na praktičnem primeru – na 3R-kartografskem prikazu mesta Ljutomer in sicer v dveh oblikah – kot znakovni in kot foto-realistični prikaz. Območje predstavitve je izbrano tako, da poleg urbanega okolja vključuje tudi večinoma naravnih elementov. Posamezni pogledi v znakovnem in foto-realističnem trirazsežnem kartografskem modelu so upodobljeni za isto geografsko območje, kar omogoča učinkovito primerjavo obeh oblik trirazsežnih kartografskih prikazov.

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION

UDC: 528.9 (043.2)
Autor: Matevž Domajnko
Supervisor: Asist. Prof. Dušan Petrovi
Title: Designing of symbolic and photorealistic 3D cartographic presentation
Notes: 72 pages, 11 pictures, 4 attachment
Key words: 3D map, designing of 3D cartographic presentation, 3D cartographic generalization

Abstract:

In the last few decades cartography experienced essential changes, due to the development of science and new technology. Computer technology enabled new possibilities for the use of maps and designing of new formats for the cartographic presentations, which enable the user to more efficient acquisition of space data. One of these state-of-the-art cartographical presentations is the 3D map, which improves the understanding and comprehension of the height presentation.

This thesis deals with the process of designing and forming of 3D maps and hereby focuses on the characteristics and differences between the symbolic and the photorealistic 3D cartographic presentation. It discusses graphical variables used for designing the cartographical content on the 3D map, and the generalization in the 3D cartographical model, which is the essential key for a quality 3D map.

The design and formation of the 3D map is tested on a practical case: the 3D cartographical presentation of the town of Ljutomer, namely as the symbolic and as the photorealistic 3D presentation. The area of the presentation is carefully selected and includes the urban environment as well as the majority of natural elements. Individual views in the symbolic and photorealistic 3D cartographical model represent the same geographical area which enables an efficient comparison of both 3D cartographical presentations.

ZAHVALA

Za pomoč pri nastajanju diplomske naloge se zahvaljujem mentorju doc. dr. Dušanu Petrovi u. Prav tako se zahvaljujem svoji družini, ki mi je skozi vsa leta študija nudila pomoč ter me spodbujala.

KAZALO VSEBINE

STRAN ZA POPRAVKE	I
IZJAVA O AVTORSTVU	II
BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEK	III
BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION	IV
ZAHVALA	V
KAZALO VSEBINE	VI
KAZALO SLIK	VIII
OKRAJŠAVE IN SIMBOLI	IX
1 UVOD	1
2 POMEN KARTOGRAFIJE	3
2.1 Razvoj kartografskih predstavitev	3
2.2 Geoinformacije	9
2.3 Kartografske predstavitve	10
2.4 Ve predstavnostna kartografija	11
3 PSIHOLOŠKI VIDIKI ZA ZNAVE 3R-KART	13
3.1 Zaznavanje in prepoznavanje kartografskih informacij	13
3.2 Prostorska zaznava perspektivnih predstavitev	14
3.3 Načela globinske zaznave prostora	15
4 TRIRAZSEŽNE KARTE	17
4.1 Delitve 3R-kartografskih prikazov	20
4.2 Izdelava in oblikovanje 3R-karte	23
4.2.1 Modeliranje osnovnih podatkov	25
4.2.2 Kartografsko oblikovanje	28
4.2.3 Upodobitev	32
4.3 Vsebina in oblikovanje vsebin 3R-kartografskih prikazov	36
4.4 Generalizacija 3R-kartografskih modelov	41

4.4.1	Generalizacija modela reliefa _____	45
4.4.2	3R-generalizacija zgradb _____	46
4.5	Uporabnost 3R-kartografskih modelov in 3R-kart _____	48
4.6	Realizem in abstrakcija _____	50
5	IZDELAVA 3R-KARTOGRAFSKEGA PRIKAZA ZA OBMOJE MESTA LJUTOMER _____	54
5.1	Določitev območja in geografske vsebine _____	55
5.2	Vzpostavitev podatkovnega 3R-modela _____	57
5.3	Kartografsko oblikovanje 3R-modela _____	60
5.4	Upodobitev 3R-kartografskega modela _____	67
6	ZAKLJUČEK _____	68
VIRI	_____	73
PRILOGE		

KAZALO SLIK

Slika 1:	Prikaz reliefa z višinskimi točkami na presekih mreže kvadratov.	22
Slika 2:	Relief prekrit s topografsko karto in digitalno ortofoto karto.	22
Slika 3:	Znakovni 3R-kartografski prikaz in foto-realistični 3R-kartografski prikaz.	23
Slika 4:	Velikost območja znakovnega in foto-realističnega 3R-kartografskega modela	57
Slika 5:	Izsek nanosnega sloja	62
Slika 6:	Izbran pogled v znakovnem in foto-realističnem 3R-kartografskem modelu, ki prikazuje oblikovanje zgradb in spomenika	64
Slika 7:	Prikaz kopenskega prometa v znakovnem in foto-realističnem 3R-kartografskem prikazu	66
Slika 8:	Pojasnjevalni znak za vrtec in pogojni znak za pokopališče	66
Slika 9:	Odsevnost na vodnem objektu in učinek meglice ter struktura neba.	67
Slika 10:	Poenostavitev manj pomembnih objektov v foto-realističnem 3R-kartografskem prikazu	71
Slika 11:	Povečanje geometrijskih podrobnosti na objektih v znakovnem 3R-kartografskem prikazu	72

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

2R	dvorazsežen
3R	trirazsežen
DMR	digitalni model reliefa
DMV	digitalni model višin
DOF	digitalni ortofoto na rt
DTK	državna topografska karta
ERZ	Evidenca rabe zemljiš
ESRI	Economic and Social Research Institute
GIS	geografski informacijski sistem
GURS	Geodetska uprava Republike Slovenije
LOD	nivo podrobnosti (level of detail)
TTN	temeljni topografski na rt

1 UVOD

Kartografija doživlja v zadnjih desetletjih zelo nagel razvoj, ki je pogojen na eni strani z razvojem znanosti in novih tehnologij, na drugi strani pa s porastom povpraševanja po kakovostnih kartografskih izdelkih. Raunalniška tehnologija je omogočila izdelavo novih vrst kartografskih prikazov, s katerimi se ukvarja ve predstavnostna kartografija in ki so jasnejši ter učinkovitejši pri prenosu informacij s karte do uporabnika. Eden takih modernejših kartografskih prikazov je 3R (trirazsežen) kartografski prikaz, ki izboljša razumevanje in dojetje predstavitve višin oziroma tretje razsežnosti v prostoru. Najprej so se pojavili materialni 3R-grafski prikazi kot so globusi in reliefne karte, z razvojem računalniških tehnologij pa se vse bolj uveljavljajo 3R-kartografski prikazi na 2R (dvorazsežnem) zaslonu. 3R-kartografski prikazi lahko vključujejo tudi druge elemente ve predstavnostne kartografije, predvsem interaktivnost in dinamiko.

V kartografskem komunikacijskem procesu predstavlja največji izziv zaznavanje karte s strani uporabnika. Zato je pomembno, da avtor karte razume psihološke vidike, ki se pojavljajo pri branju karte in izdelava karte tako, da bo uporabnik iz nje pridobil čim več verodostojnih informacij. Pri izdelavi konkretne oblike 3R-karte mora tako avtor upoštevati še na globalni ravni zaznave, saj z njihovo pomočjo uporabnik razpozna še tretjo razsežnost.

Glede na obliko 3R-kartografskega prikaza sta se pojavili dve smeri – znakovni in foto-realistični 3R-kartografski prikaz. Prvi skuša predstaviti dolgoročno geografsko resničnost z znakovnimi in abstraktnimi oblikami, druga pa teži k čim bolj realnemu izgledu okolja.

Za razumevanje posameznih 3R-kartografskih prikazov moramo najprej poznati sam postopek izdelave in oblikovanja 3R-karte. Sestavljen je iz modeliranja osnovnih podatkov, kartografskega oblikovanja in upodobitve. Vsi koraki vplivajo na konkretno obliko 3R-kartografskega prikaza, zato se moramo pred začetkom izdelave odločiti o obliki prikaza.

V postopku izdelave izvajamo tudi kartografsko generalizacijo. Pojavljajo se – poleg privzetih načel za 2R-karte – dodatni postopki, ki jih moramo izvajati zaradi predstavitve podatkov v

treh razsežnostih. Topografska elementa, ki ju dodatno generaliziramo v 3R-kartah, sta relief in 3R-objekti.

V moji diplomski nalogi sem izdelal dva različna 3R-kartografska prikaza – znakovni in foto-realistični prikaz – za območje mesta Ljutomer, ki vsebuje tako urbano kot tudi naravno okolje z različnimi reliefnimi oblikami in vegetacijo. Pri izdelavi vsebin v posameznih 3R-kartografskih modelih sem upošteval smernice za izdelavo kartografskega znaka za posamezen objektni tip in za posamezen nivo podrobnosti, kot jih je predlagal Petrovič (2001) v svoji doktorski disertaciji Načela oblikovanja izraznih sredstev v tridimenzionalnih kartografskih prikazih. Na osnovi njegovih izhodišč je Mašera za svojo diplomsko nalogo izvedla spletno anketo (2004) – Analiza odziva uporabnikov na oblikovanje 3D kartografskih upodobitev, katere rezultate sem tudi upošteval pri izdelavi 3R-kart za dosego čim bolj razumljivih, berljivih in uporabnih kartografskih izdelkov.

Tako sem izdelal znakovni in foto-realistični 3R-kartografski prikaz za isto območje, kar omogoča celovito primerjavo med obema prikazoma. Skušal sem tudi določiti prednosti in slabosti posameznih prikazov in predlagati izboljšave za oblikovanje teh.

2 POMEN KARTOGRAFIJE

2.1 Razvoj kartografskih predstavitev

Grafične predstavitve informacij imajo dolgo zgodovino in ene izmed prvih grafičnih predstavitev so karte. Kartografija kot veda o izdelavi kart je od zmeraj imela pomembno vlogo pri grafičnih predstavitvah prostorskih informacij (Fairbairn in sod. 2008).

Še do nedavnega je kartografija veljala za umetnost, tako so kartografi opremljali svoje izdelke z različnimi vizualnimi okraski, posebnimi obrobami in okrasnimi rožami kompasa (Roy in Kumar, 2002). Danes karto ocenjujemo ne le iz vidika estetike, ampak tudi s funkcionalnega, fiziološkega in psihološkega stališča (Rojc, 1986).

Namen kartografije pa ostaja isti – izdelava karte z upodobitvijo prostorskih podatkov (Petrovič, 2001), s katero kartograf prenaša uporabniku informacije o Zemlji (Rojc, 1986). V zadnjem času je kartografija usmerjena tudi k pripravi dostopnih in razpoložljivih prostorskih podatkov za omogočanje interaktivnega odločanja in obnovi obstoječih kart (Rojc, 1986).

Zgodovina kartografije sega v same začetke civilizacije in je tesno povezana z družbeno-politično in kulturno zgodovino lovstva. Radoševič (1974a) jo deli na različna obdobja:

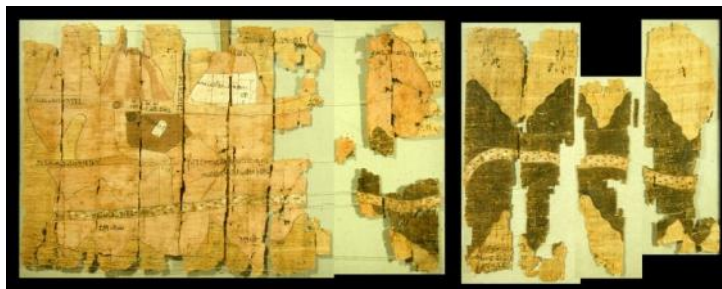
- primitivna in antična kartografija,
- kartografija v srednjem veku,
- kartografija v novem veku,
- moderna kartografija.

Primitivna in antična kartografija

V prazgodovini so poti, znake in preproste sheme prikazovali na skalah, zemlji, pesku, skorji dreves in podobno. Taki prikazi niso bili sistematični in so v glavnem služili za orientacijo pri lovu. Označujemo jih kot primitivne kartografske prikaze, saj ne ustrezajo današnji definiciji pojma karta (Roy in Kumar, 2002).

Verjetno prva karta sveta je bila izdelana v anti nem obdobju, okrog leta 3800 pr. n. št. in izvira iz Babilonije. Izdelali so jo na žgani glini in prikazuje Zemljo s središčem v Babilonu.

V anti nem Egiptu so karte izdelovali na papirusu. Najbolj znana je karta *Turin Papyrus*, ki prikazuje soto je suhih dolin Atalla in el-Sid v Numibiji, naselje Bir Umm Fawakhir, bližnji kamnolom in rudnik (History of Cartography, 2008).



Slika levo: Prikaz Zemlje s središčem v Babilonu (History of Cartography, 2008);

desno: karta *Turin Papyrus* (History of Cartography, 2008).

Pravi razmah pa je kartografija doživela v anti ni Gr iji. Tales iz Mileta je prvi razvil kartografske projekcije za zvezdno karto. Aristotel je podal dokaze o obliki Zemlje, Eratosten pa je določil dimenzije Zemlje na osnovi merjenja loka meridiana med Aleksandrijo in Sieno. Okrog leta 150 n. št. je nastala Ptolemajeva karta sveta, ki prikazuje takrat znani svet. Ptolemaj je na karti upodobil sferično Zemljo z uporabo perspektivne projekcije (History of Cartography, 2008).

¹ Večina slovenske strokovne kartografske literature bi sicer v tem primeru uporabila pridevnik perspektiven, sam pa bom v diplomski nalogi uporabljal pridevnik perspektivi en, saj ima v SSKJ (Slovarju slovenskega knjižnega jezika) samostalnik perspektiva dva pomena, iz katerih izpeljemo dva različna pridevnika: *perspektiven* se nanaša na prvi pomen samostalnika perspektiva, ki »utemeljuje, upravičuje upanje v ugoden potek, izid«; *perspektivi en* pa se nanaša na drugi pomen samostalnika, ki pomeni »navidezno stekanje vzporednih črt in postopno zmanjševanje bolj oddaljenih predmetov pri gledanju v daljavo« (SSKJ, 1995).«



Slika levo: Ptolemajeva karta sveta (History of Cartography, 2008);
desno: karta *Tabula Peutingeriana* (History of Cartography, 2008).

V obdobju vladavine Rimljanov je nastala popotna karta *Tabula Peutingeriana*. Izdelal jo je menih v 4. st. n. št. in prikazuje celoten rimski imperij. Na karti so shematsko upodobljena rimska naselja, reke, gorovja, gozdovi in morja, iz nje pa lahko razberemo tudi razdaljo med naselji (History of Cartography, 2008).

Kartografija v srednjem veku

Za etna doba srednjega veka je znana kot rna doba za znanost, saj so bili pozabljeni vsi znanstveni dosežki Grkov in Indijcev. Karte so izdelovali ve inoma z versko vsebino in so služile za romanje do Jeruzalema (Roy in Kumar, 2002).

V istem asu pa se je razvijala arabska kartografija. Najbolj znan kartograf sred njega veka Al-Idrisi je leta 1154 izdelal karto sveta za normanskega kralja Rogerja II. Karta prikazuje cel evrazijski kontinent in severni del afriškega kontinenta in je bila izdelana s severom na dnu (History of Cartography, 2008).

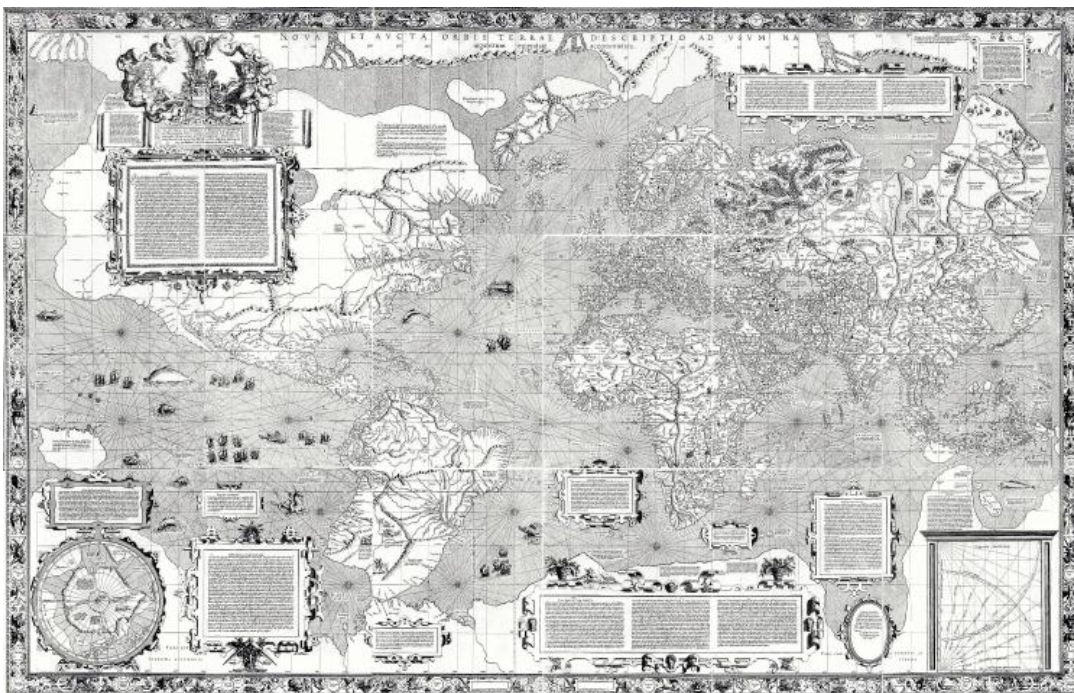


Slika levo: *Tabula Rogeriana* (History of Cartography, 2008);
desno: Fra Maurova karta sveta (History of Cartography, 2008).

V 15. stoletju se je razvoj kart v Evropi nadaljeval. Osnovni motiv kart ni več predstavljala verska vsebina, temveč so bile karte vse bolj vsebinsko izpopolnjene in so prikazovale geografsko resničnost. Največji dosežek srednjeveške kartografije je karta sveta, ki jo je leta 1459 izdelal beneški menih Fra Mauro. Karto je upodobil na pergamentu in meri v premeru dva metra. Prikazuje Afriko, Azijo in Evropo (History of Cartography, 2008).

Kartografija v novem veku

V času velikih geografskih odkritij so bili pomorščaki hkrati tudi kartografi, saj so izdelovali karte novo odkritih območij. V 16. in 17. stoletju se je število izdelanih kart močno povečalo, spremenil se je način konstruiranja, vsebina in oblikovanje. Kot prelomnico v zgodovini kartografije predstavlja Velika karta sveta, kartografa Gerharda Mercatorja. Izdelana je v matematično definirani Mercatorjevi projekciji. Karta je bila dokončana leta 1569, projekcija pa se pogosto uporablja še danes (Radošević, 1974a). Veliko je prispevala iznajdba tiska, ki omogoči razmnoževanje in distribucijo kart med uporabniki.

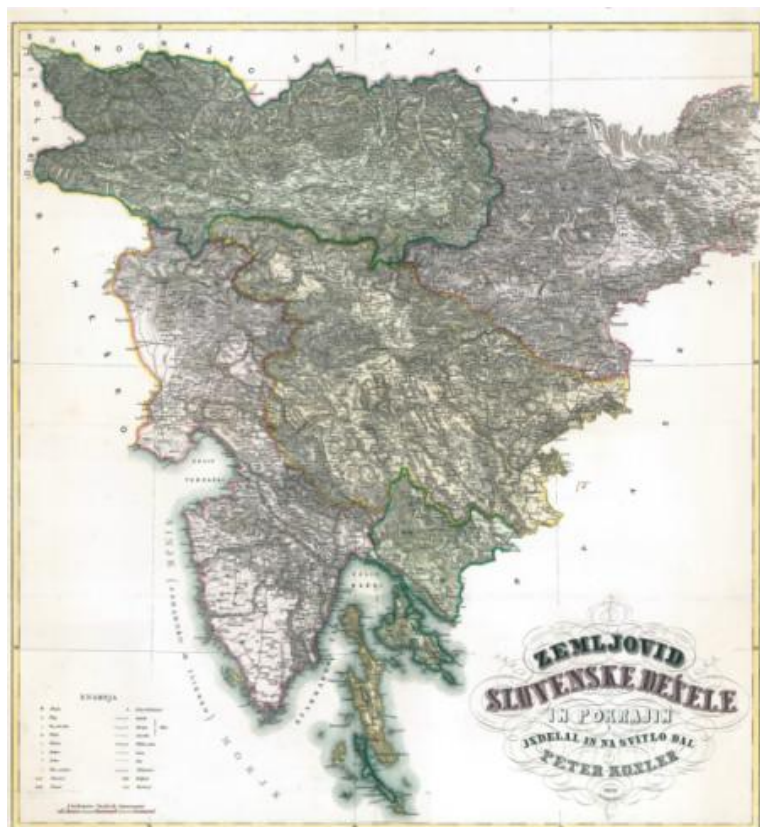


Slika: Mercatorjeva Velika karta sveta (Mercator projection, 2008).

Dalje se je kartografija razvijala od 18. stoletja naprej. Razvoj tehničnih pripomočkov je omogočil vse natančnejše meritve, s katerimi so zelo natančno določili obliko in dimenzije Zemlje. V 18. stoletju in prvi polovici 19. stoletja so prevladovali francoski kartografi. Pod vodstvom Cassinija so izdelali topografske karte Francije v merilu 1 : 86 400, na kateri je bil relief predstavljen z metodo rtk. Na osnovi te karte, dokončana je bila konec 18. stoletja, še karta Francije v merilu 1 : 345 600 in atlas. V tem obdobju so se veliko ukvarjali s kartografsko generalizacijo in proučevali nove metode prikazovanja reliefa. Leta 1771 je na francoski Akademiji prvi predstavljena metoda prikazovanja reliefa s plastnicami. Po letu 1870 sta na področju kartografije Francijo dohiteli Nemčija in Italija. Plastnice so postale osnovni način prikaza reliefa.

Najstarejše prikaze teritorija današnje Slovenije lahko najdemo na kartah iz antičnega Grškega in Rimskemu, predvsem v Ptolemajevem atlasu. Po srednjem veku je renesansa prinesla nove kartografske izdelke. V 16. stoletju sta se pojavila prva kartografska dela iz območja današnje Slovenije – Peter Coppo in Žiga Herberstein. Pomemben prispevek slovenski kartografiji tistega časa sta dala še Janez Vajkard Valvasor in Janez Dizma Florjančič.

Grünfeld, ki sta na podlagi lastnih izmer izdelala karto podroja Slovenije v bakrorezu. Do sredine 20. stoletja se je uradna kartografija večinoma izvajala na vojno-geografskih centralnih inštitutih, razen ne katerih kartografskih del pomembnih posameznikov. V Sloveniji je bil to Peter Kozler, ki je leta 1853 objavil karto »Zemljovid slovenske dežele in pokrajin« (slika spodaj) v merilu 1 : 576 000, na kateri je vrisal slovensko etnično mejo ter jo utemeljil v spremni knjižici (Petrovič, 2005).



Slika: Zemljovid Slovenske dežele in pokrajin (History of Cartography, 2008).

Po 1. svetovni vojni in z nastankom kraljevine SHS, so leta 1920 v Beogradu ustanovili Vojaško-geografski inštitut, ki je izdelal karte Jugoslavije v merilih 1 : 50 000, 1 : 100 000 in 1 : 200 000 (Radoševi, 1974c). V Sloveniji se je od 60. let naprej kartografija razvijala na Inštitutu za geodezijo in fotogrametrijo FGG in Geodetskem zavodu. Danes je za vzpostavitev, vodenje in predstavitev geoinformacij pooblašena GURS (Geodetska uprava Republike Slovenije) (Petrovič, 2005).

Moderna kartografija

Konec 20. stoletja je na kartografskem področju prišlo do nove revolucije. V veliki meri so tradicionalne karte na papirju zamenjale analitične in logične proizvodnje v prostorski bazi, ki prikazuje karto v digitalni obliki (Bidoshi in sod., 1999). To je omogočil razvoj elektronske tehnologije, posebej interneta, računalniške strojne opreme (kot so računalniški zasloni, tiskalniki, ploterji in skenerji) in programske opreme za obdelavo slik, upodobitev in prostorske analize. Vse to je vodilo do novih možnosti uporabe kart in novih oblik kartografskih predstavitev. Za boljše zaznavo predstavljenih prostorskih podatkov so tako lahko današnje karte interaktivne, animirane, 3D, lahko vključujejo zvočne efekte in jih porazdeljujemo preko interneta. S proučevanjem in izdelavo takšnih kart se ukvarja ve predstavnostna kartografija, ki je podrobneje opredeljena v poglavju 2.4.

2.2 Geoinformacije

V kartografiji se večinoma uporabljajo informacije, ki so prostorsko povezane z lokacijo (na, pod ali nad zemeljskim površjem). Pri takih informacijah govorimo o geoinformacijah. V leksikonu kartografije so geoinformacije definirane kot »informacije, ki v komunikacijskem procesu /.../ posredujejo pomembne prostorske vidike okolja« (Lexikon Kartographie und Geomatik, 2001, cit. po Häberling, 2003).

Prostorski položaj je pri geoinformacijah izražen preko treh dimenzij prostora; preko dveh položajnih koordinat x in y ter preko višinske koordinate z . Geoinformacije nam poleg pozicije v prostoru podajajo tudi informacije o izvorni veljavi, avtorju, času zajema in o formatu in količini podatkov. Lahko obstajajo v različnih oblikah: kot govorne, numerične, grafične ali v kombinaciji vseh treh oblik. Shranjuje se jih kot digitalne geopodatke v podatkovnih ali grafičnih bazah. V ta namen je bil razvit sistem GIS (geografski informacijski sistem). Današnji digitalni geopodatki niso več statični in nespremenljivi kot pri tiskanih karti, ampak se lahko stalno spreminjajo in aktualizirajo. Obstajajo v različnih strukturah. Lahko so shranjeni kot vektorji, lahko pa obstajajo v rastrski obliki (Häberling, 2003).

Geoinformacije so osnova za vse kartografske predstavitve, tudi za perspektivne predstavitve. Vizualna predstavitev geopodatkov je bistvena naloga kartografije pri

posredovanju geoinformacij. Kartografija transformira geopodatke kot surove osnovne podatke s pomočjo različnih procesnih korakov iz abstraktnih struktur (alfa-numerično opisanih primarnih podatkovnih modelov) preko oblikovanja in generalizacije do kartografskega modela in dalje do kartografske upodobitve na papirju ali zaslonu (*ibid.*).

2.3 Kartografske predstavitve

Vse grafične predstavitve, ki upodobijo in poudarijo to ali ono geografsko vsebino v prostoru, lahko označimo kot kartografske predstavitve. Kartografska predstavitev pa je samo ena možna oblika upodobitve prostorskih informacij (Häberling, 2003). Najpogostejša oblika kartografske predstavitve je karta. Trenutno veljavno definicijo karte je sprejela mednarodna kartografska zveza na 10. generalni skupščini v Barceloni leta 1995: *»A map is a symbolised image of geographical reality, representing selected features or characteristics, resulting from the creative effort of its author's execution of choices, and is designed for use when spatial relationships are of primary relevance (International Cartographic Association).«* Petrovi (2001) je definicijo karte prevedel: *»Karta je simbolizirana slika geografske resničnosti, ki prikazuje izbrane objekte ali lastnosti in je rezultat ustvarjalnega dela avtorja, namenjena uporabi, kjer so bistveni prostorski odnosi.«*

Buziek (2000, cit. po Häberling, 2003) vidi zaradi vedno večje širitve in razpoložljivosti zmogljivih računalnikov in tehnologije pojem karte bolj široko, več predstavnostno: *»Več predstavnostna narava pojma temelji na uporabi različnih elementov predstavitve. Poleg običajne grafike karte so lahko v moderni predstavitvi karte integrirani tudi perspektivični elementi, animacije, teksti, zvok.«*

Pri odločitvi o obliki kartografske predstavitve moramo upoštevati namen karte ter subjektivne značilnosti uporabnikov kart (izkušnje, izobrazba in sposobnost branja kart). Namen karte nas vodi do odločitve, katere geopodatke bomo pridobili in uporabili pri izdelavi kartografske predstavitve, kjer se bodo ti geopodatki pojavili kot vsebina. Za samo izdelavo kartografske predstavitve moramo tudi poznati vrsto medija predstavitve, pogoje uporabe in interakcijo uporabnika s kartografsko vsebino (Häberling, 2003).

Po pridobitvi primernih geopodatkov sledi ta generalizacija in kartografsko oblikovanje. Z generalizacijo obdelamo geopodatke tako, da ustrezajo merilu upodobitve, kartografsko oblikovanje pa dolo i semanti en pomen in grafi en izgled kartografskih znakov. Pri oblikovanju geopodatkov moramo preprečiti preveliko popačenje geoinformacij pri interpretaciji pomena. Dokončna kartografska predstavitev mora zadovoljiti uporabnikovo potrebo po specifičnih informacijah, saj mora uporabnik iz kartografske predstavitve pridobiti želene geoinformacije (*ibid.*).

2.4 Ve predstavnostna kartografija

Interaktivna ve predstavnost² je spremenila način, na katerega so geoinformacije shranjene, porazdeljene in objavljene. Moderna računalniška in komunikacijska tehnologija omogoča izdelavo skoraj vsake vrste kart, ki so takoj na voljo za uporabo. Uporaba ve predstavnosti na CD-ROM-u, interaktivne karte na internetu, 3R in animirane karte zdaj omogočajo izdelavo »drugačnih kart« (Fillips, 2007).

Pod drugačno karto razumemo ve predstavnostni kartografski izdelek, ki omogoča drugačen način predstavitve geoinformacij za spremenjen geoinformacijski dostop. Tak izdelek je resnična alternativa običajnim kartam, vključno tistim, ki so izdelane računalniško. Računalniško izdelane karte se namreč v večini primerov ne razlikujejo bistveno od tradicionalnih kart na papirju. Na tradicionalne karte lahko gledamo kot na oblike ve predstavnosti, kjer so linije, barve, tekst, kartografski znaki in izbrana vsebina uporabljeni za predstavitev realnosti (Cartwright in Peterson, 2007).

Ve predstavnost je nova oblika vizualne in zvočne predstavitve in izražanja. Kot nova oblika komunikacije je ustvarila svoja pravila, ki se sproti spreminjajo, s tem ko se odkrivajo nove oblike ve predstavnosti. Izkoriščati mora povečane možnosti obstoječih metod za obdelavo geoinformacij in razširiti uporabo kart z dodajanjem dodatnih informacij in upodobitvenih metod (Cartwright in Peterson, 2007). Ve predstavnostna kartografija je osnovana na ideji, da

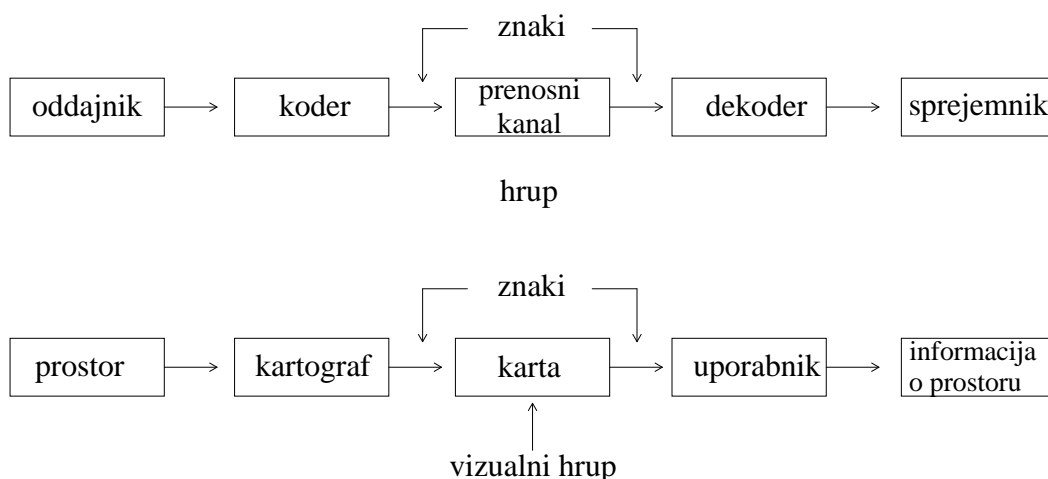
² Ve predstavnostna kartografija omogoča nove oblike in možnosti uporabe kartografskih izdelkov. Te so: uporaba kart na internetu, dinamične karte, navigacija, 3R-prikazi in navidezna resničnost.

kombiniranje kart z drugimi mediji (teksti, slike, film) vodi do bolj realisti nih , u inkovitih in atraktivnih predstavitev sveta. Ta ideja je v nasprotju s tisto, ki je ukoreninjena v kartografiji – da je abstrakcija temeljni cilj kartografije oziroma bolj, kot je karta abstraktna, boljše predstavlja realnost, saj je namen kartografije izdelava abstrakcije realnega sveta (Peterson, 2007).

3 PSIHOLOŠKI VIDIKI ZAZNAVE 3R-kart

3.1 Zaznavanje in prepoznavanje kartografskih informacij

Miselna karta je slika, ki se pri loveku vzpostavi šele v možganih na osnovi zaznave util. Torej ni pomembno, s katerimi utili jo zaznavamo (Petrovi , 2001). V vseh oblikah je karta nosilka informacij, ki so rezultat opazovanj, raziskovanj, meritev in predelave teh informacij. Avtor kartografske oblike izražanja želi uporabniku karte nekaj sporočiti s kartografskimi sredstvi izražanja (Rojc, 1986). Prenos kartografskih informacij lahko ponazorimo s kartografskim komunikacijskim sistemom. V njem svet in kartograf tvorita vir (oddajnik), karta je kodirano sporočilo, uporabnik pa karto dekodira in iz nje pridobi informacije o prostoru. V komunikacijskem sistemu se pojavlja tudi hrup, ki predstavlja diskrepanco med stvarnostjo in sliko, ki si jo ustvari uporabnik (slika spodaj). Del te razlike se pojavi zaradi pomanjkljivosti predstave stvarnosti kartografa in uporabnika, drugi del pa ima vzrok v metodah kodiranja sporočila s strani kartografa in dekodiranja s strani uporabnika (*ibid.*). Zmanjšanje vizualnega hrupa je cilj vsakega kartografa pri izdelavi kart.



Slika: Splošni in kartografski komunikacijski sistem (Rojc, 1986) .

Uporaba kart ve inoma poteka kot vizualna percepcija, katere osnovna aktivnost je opazovanje. To je aktivno iskanje informacij in s tem usmerjeno zaznavanje. Eden od najvažnejših pogojev in predpostavk za to aktivnost pa je pozornost. Za kartografski vidik

vizualne percepcije je pomembna sposobnost predstavljanja, ki se pri ljudeh zelo razlikuje. Za našo kulturo je značilno abstraktno pojmovno učenje, ki pa zavira eidetske predstave, ki so bolj žive in bogate z vsebino (Rojc, 1986).

Povratni sklop informacij med uporabnikom karte in kartografom pokaže kartografu stopnjo uporabnikovega razumevanja karte in mu tako da posredno informacijo o pravilnosti in popolnosti karte ter o težavnosti zaznavanja. Tako je kartografu omogočeno izpopolniti kartografske metode prikazovanja in s tem izboljšati prenos prostorskih informacij. Zato je najvažnejša ugotovitev, da kartograf in uporabnik nista neodvisna drug od drugega in da je izboljšanje učinkovitosti sistema odvisno od aktivnega povratnega učinka (*ibid.*).

3.2 Prostorska zaznava perspektivi njih predstavitev

Osrednji predmet obravnave v 3R-kartografiji je uporabnikova prostorska zaznava predstavitev kartografske vsebine. Večinoma se 3R-geopodatki upodabljajo na 2R-mediju in sicer na podlagi zakonov upodobitve. Kljub temu uporabnik dobi vtis, da je model karte 3R in ga tako tudi dojema, kar ima opravka s sloveskim vizualnim sistemom zaznavanja, in sicer s sodelovanjem med očesom in možgani. Oko predstavlja optični aparat zaznavanja, možgani pa sistem vrednotenja optičnih dražljajev in medij za shranjevanje že pridobljenega znanja. Ta kompleksen proces tvori prenos informacij s 3R-karte do novega spoznanja pri uporabniku, kar zajema posamezne korake od fizičnega spoznanja do intelektualno-kognitivne interpretacije vsebine karte in njene semantike vsebine (Häberling, 2003).

Proces prostorske zaznave pri 3R-kartah je sestavljen iz velikih vidikov. Zanimivo se pri upodobljeni trirazsežni vsebini 3R-karte in njeni zunanji grafi ni obliki. Od kakovosti predstavitve na upodobitvenem mediju so odvisne psihološke in fizične sposobnosti uporabnikove zaznave za prostorsko spoznanje in interpretacijo. Skupaj z dotedanjim znanjem in izkušnjami lahko uporabnik kartografsko predstavitev prostorsko interpretira (*ibid.*).

3.3 Načela globinske zaznave prostora

Prostor – okolje, v katerem živimo, ima tri dimenzije, mrežnica pa le dve. Torej po optičnih zakonih ne bi mogli prostora dojemati z enim očesom v treh dimenzijah. Globino prostora je mogoče zaznati z dvema očesoma (Rojc, 1986). Na podlagi globinskih znakov pa lahko (kljub 2R-podobni) dobimo prostorski vtis tudi z enim očesom (Häberling, 2003). Prostorsko globinsko zaznavanje je rezultat faktorjev, ki jih psihologija imenuje globinski znaki. Med njimi razlikujemo fiziološke in psihološke globinske znake (Rojc, 1986).

Psihološki globinski znaki so odvisni od kognitivne zmogljivosti možganov, ki jo dobimo na podlagi pridobljenih izkušenj in znanj. Mednje spadajo (Rojc, 1986):

- velikost slike, ki je v obratnem sorazmerju z oddaljenostjo predmeta;
- interpozicija: predmet v ozadju ni viden v celoti, saj ga delno prekriva predmet iz ospredja;
- linearna perspektiva: z oddaljenostjo se zmanjšuje navidezna razdalja med predmeti;
- jasnost predmetov: čim bližje so nam predmeti, tem jasnejši so njihovi obrisi;
- sprememba barve: predmeti z oddaljenostjo navidezno spreminjajo barvo;
- sence: predmeti mečejo sence v nasprotno stran od vira svetlobe, tudi na druge predmete, s čimer nakazujejo globino;
- gradient teksture: gostota teksture se spreminja z razdaljo;
- gibanje: slika na mrežnici se premika, če se premika predmet ali opazovalec; premikanje oddaljenih predmetov se nam zdi počasnejše;
- gibalna paralaksa: če se premikamo, se slike različno oddaljenih predmetov gibljejo v različne smeri.

Fiziološki globinski znaki so odvisni od sposobnosti očesnih mišic. Ti znaki so (Rojc, 1986):

- akomodacija očesne leče, ki vpliva na zaznavanje samo do razdalje 1 m - 1,5 m;
- konvergenca oči: smer obeh očesnih osi se spreminja glede na razdaljo predmetov in pripomore h globinskemu zaznavanju do razdalje 7 m;
- retinalna disparativnost: na vsaki mrežnici je slika predmeta nekoliko drugačna. Pojav izkoriščamo za izdelavo slik za globinsko opazovanje s stereoskopo.

- dvojna slika: če opazujemo bližnji in daljni predmet, pada slika enega na neustrezne predele mrežnice, zaradi česar nastane dvojna slika.

Prostorske razsežnosti (globino) zaznava človek na podlagi več globinskih znakov hkrati. Prevladujejo psihološki globinski znaki, pri katerih so zelo pomembne izkušnje. (Rojc, 1986) Vsi opisani faktorji in iz njih izpeljana načela, se pojavljajo tudi pri zaznavanju vsake 3R-karte (Häberling, 2003).

4 TRIRAZSEŽNE KARTE

Pojma 3R-kart in 3R-kartografije sta razmeroma mlada. Zaenkrat še tudi ni splošno sprejete definicije in teorije 3R-kartografije. V Lexikon der Kartographie und Geomatik (2001, cit. po Häberling, 2003) je 3R-kartografija definirana kot »...tisto področje kartografije, ki zajema klasične trirazsežne fizične kartam sorodne prikaze, psevdo 3R in prave trirazsežne kartografske predstavitve.« Po tej definiciji lahko iščemo izvor 3R-kartografske usmeritve že pri analogno izdelanih kartam sorodnih prikazih. Ti produkti so bili fizični 3R-prikazi (globus, reliefne karte in reliefni modeli), panoramske karte in karte iz pti je perspektive (Häberling, 2003).

Danes vse bolj povezujemo 3R-kartografijo z digitalnimi tehnikami izdelave in oblikovanja prostorskih slik in analizami prostorskih podatkov. V 3R-prikaze se vključujejo tudi različni ve predstavnostni elementi, zato se vse bolj uveljavlja pojem ve predstavnostne 3R-kartografije, ob podpori katere nastanejo geopredstavitve. Te zagotavljajo pomembno podporo pri pridobivanju znanja o prostoru. Za zagotovitev učinkovite komunikacije, torej za jasno razumevanje prikaza brez obremenjujočih informacij, mora biti kartografska vsebina poenostavljena, oblikovana glede na uporabnikove potrebe in dopolnjena z ve predstavnostnimi elementi (Jobst, 2008).

Eno od možnih delitev 3R-prikazov predstavlja izraba globinskih znakov na uporabniškem vmesniku, na katerem lovek uporabi svoje ute za zaznavo prostora. Od vrste 3R-prikaza je odvisno, katere globinske znake bomo uporabili. V knjigi Multimedia Cartography so opisane tri metode, ki uporabljajo različne globinske znake za prostorsko zaznavo 3R-prikazov: psevdo 3R-prikaz, paralaktični 3R-prikaz in pravi 3R-prikaz (Jobst in Germanchis, 2007).

Psevdo 3R-prikaz

Za psevdo 3R-prikaze je značilno, da so prikazani na ravnem mediju, kot sta zaslon ali papir. Današnji računalniki so ob podpori grafičnih kartic in programske opreme sposobni vizualno simulirati 3R-vsebino na 2R-zaslону. Večina današnjih kartografskih 3R-predstavitev spada med psevdo 3R-prikaze, ki pri opazovalcu zbudijo globinsko zaznavo preko psiholoških globinskih znakov (Jobst in Germanchis, 2007).

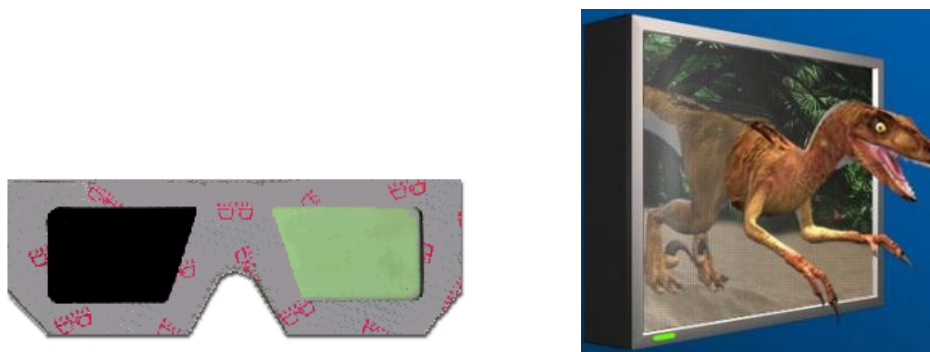


Slika levo: 3R-karta na dlan niku (Khronos, 2008);

desno: 3R-karta za potrebe navigacije (Gadgets, 2008).

Paralaktični 3R-prikaz

Pri paralaktičnih 3R-prikazih se globinski vtik doseže preko psiholoških in nekaterih fizioloških globinskih znakov. Slednje se doseže preko dodanega vmesnika med računalnikom in uporabnikom. Lahko so to posebna oprema, stereoskop ali poseben zaslon. Metode, ki se uporabljajo za paralaktične 3R-prikaze so kromostereoskopija, efekt Pulfrich anaglifa, stereoskopija in multi-stereoskopija (Jobst M. in Germanchis T., 2007).

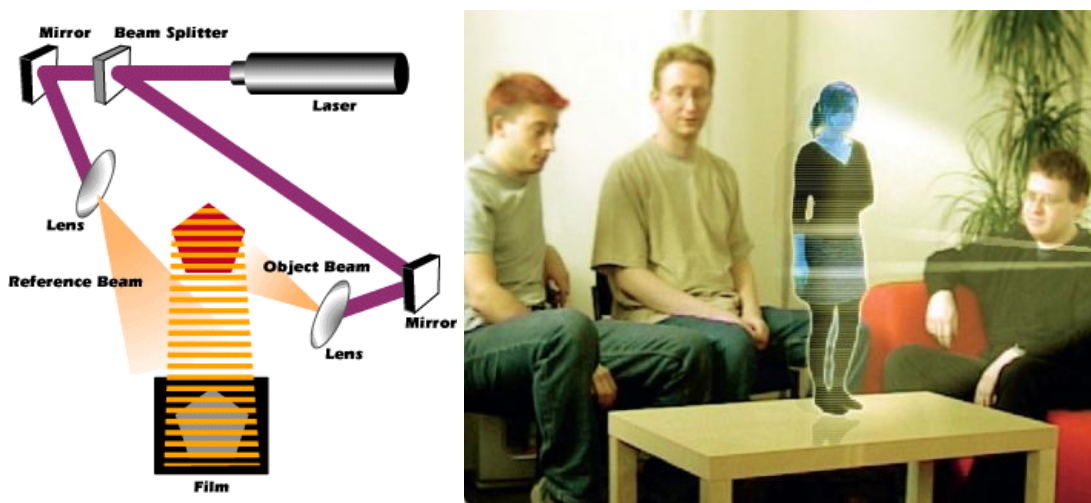


Slika levo: Pulfrich oprema (Nv news, 2008);

desno: paralaktični na 3R-televizija (ProductReview, 2008).

Pravi 3R-prikaz

Prenos kartografskih informacij do uporabnika poteka pri pravih 3R-prikazih preko vseh vizualnih globinskih znakov enako kot pri opazovanju realnega prostora. Tak primer je holografija (Jobst in Germanchis, 2007). Široka uporaba zaenkrat še ni mogoča, saj so upodobitve omejene na predstavljanje v laboratorijskih pogojih (Petrovi, 2001).



Slika levo: Osnovni princip holografije (Hologram, 2008);

desno: primer holograma (One Picture's Worth, 2008).

Za potrebe 3R-kartografije se torej lahko uporabljajo različne tehnike upodobitve prostorskih podatkov, 3R-karta pa je produkt 3R-kartografije, ki pri opazovalcu spontano zbudi prostorski vtis (Häberling, 2003). Obstajajo različne definicije 3R-kart. Häberling (2003) je definirala 3R-karto kot »kartografsko predstavitev v perspektivnem stranskem pogledu s kartografsko vsebino«. Omenjena definicija zajema le psevdo 3R-prikaze, zaradi česar se mi zdi primernejša definicija, kot jo je navedel Petrovi (2001): »3R-karta je vsaka upodobitev geografske realnosti, ki ni tlorisna in ki omogoča položajno ter pomensko pridobitev podatkov o prikazanih objektih in pojavih.«

V diplomski nalogi sledijo kriteriji za delitev kart, kjer je na primeru razložena tudi delitev po kriteriju oblikovanja. Glavne teoretične osnove, ki sem jih uporabil pri praktičnem delu diplomske naloge – izdelava in oblikovanje 3R-kart – so opisane v poglavju 4.2., kjer so opredeljeni postopek izdelave 3R-karte in vidiki, ki vplivajo na obliko kasnejšega 3R-prikaza. Opisana so še elementi, ki jih vsebuje 3R-karta, in možnosti za njihovo oblikovanje. V

poglavju 4.4 je opisana kartografska generalizacija, s poudarkom na generalizaciji modela terena in generalizaciji 3R-zgradb. Na koncu poglavja so še navedene možne uporabe 3R-kart in opredelitev abstrakcije ter realizma v 3R-kartah.

4.1 Delitve 3R-kartografskih prikazov

Splošno sprejete delitve 3R-kart še ni. Häberling (2003) je v delu »Topografische 3D-Karten« poskušal določiti kriterije, ki bi služili za delitev neskončno oblik 3R-kart. Opredelil je osem različnih kriterijev (Häberling, 2003):

- **Območje predstavitve**

S 3R-karto je mogoče predstaviti vsako razsežnost geografskega prostora. Z uvedbo inkovitim modeliranjem modela reliefa se lahko izraža in upodobi obsežno količino podatkov. Večje, kot je območje predstavitve, manjše je povprečno merilo in s tem potrebujemo bolj generalizirane in razredene topografske informacije. Pri 3R-kartah govorimo o kartah **velikega in majhnega območja** in ne merila.

- **Osnovni podatki**

3R-karte so izdelane iz različnih digitalnih geopodatkov. Kot nepogrešljiva podlaga za izdelavo 3R-karte služi model reliefa, ki obstaja v različnih podatkovnih strukturah. Lahko je sestavljen kot pravilna mreža kvadratov – GRID, nepravilna mreža trikotnikov – TIN ali kot sivo-stopenjska podoba. Topografski podatki so na razpolago v dveh podatkovnih strukturah: v vektorski in v rastrski. Glede na to, katero podatkovno strukturo se uporabi za izdelavo 3R-karte, ločimo: **vektorske 3R-karte in rastrske 3R-karte**.

- **Funkcionalnost**

Glede na funkcionalnost se lahko uporabi enako delitev kot pri klasičnih topografskih kartah. Tako se 3R-karte delijo na **statične** in **pasivne**, na drugi strani pa na **interaktivne, dinamične in navigacijske 3R-karte**.

- **Tematska vsebina**

Meja med 3R-kartami s klasi no topografsko vsebino in kartami dopoljenimi s tematskimi geoinformacijami je težko določljiva. Zato bi bilo boljše govoriti o tematskih 3R-kartah.

- **Namen in raba karte**

Zaradi številnih možnosti rabe je mogoče narediti samo grobo delitev glede na navedeni kriterij. Kot odločilni kriterij za delitev pa naj bi se uporabljala predvsem intenziteta namena rabe. Avtor mora zato vedeti, kakšnemu namenu bo služila karta in kateri uporabniki jo bodo uporabljali.

- **Področje uporabe**

Povsod, kjer se uporabljajo klasične karte, je mogoče 3R-karte uporabiti kot dopolnilo. Delitev 3R-kart glede na kriterij področja uporabe je enaka kot pri klasičnih kartah³.

- **Medij prikaza**

Glede na medij predstavitve se delijo 3R-karte na **analogne** in **digitalne 3R-karte**. Analogne 3R-karte so lahko natisnjene na papir ali drug prenosni medij ali pa so narejene trirazsežno na plošči iz umetne mase. Danes so bolj uveljavljene digitalne 3R-karte, ki omogočajo različne možnosti uporabe. Narejene so lahko tudi interaktivno ali v obliki animacije na digitalnem mediju.

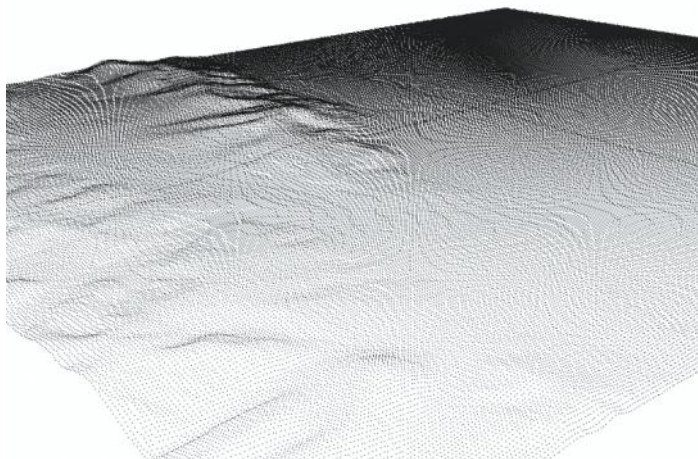
- **Oblikovanje in simbolizacija**

Dejstvo, kako je karta grafično oblikovana, lahko prav tako predstavlja kriterij za delitev. Digitalni geopodatki, ki služijo pri izdelavi 3R-kart za osnovo, še niso oblikovani, saj dobijo obliko šele s kartografskim oblikovanjem.

³ Področja uporabe so navedena v poglavju 3.5 Uporabnost kartografskih 3R -modelov in kart.

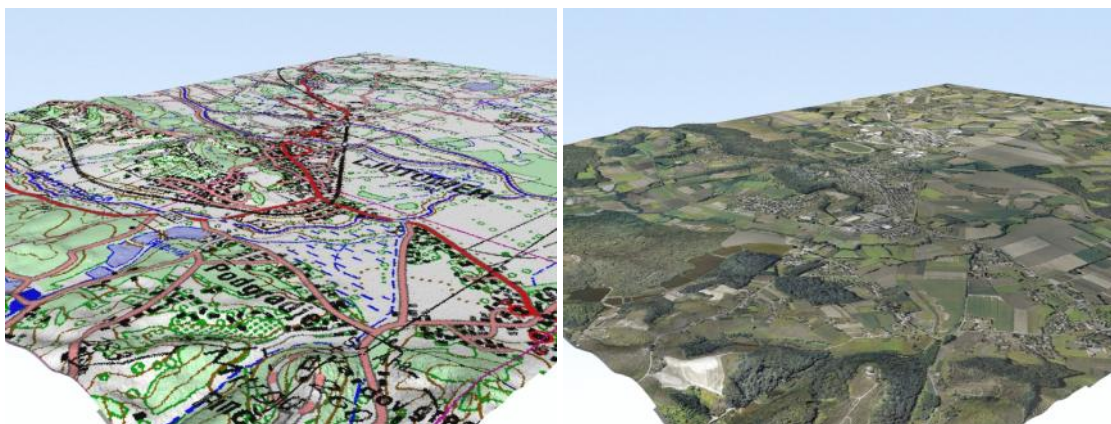
Primer delitve 3R-kart po kriteriju oblikovanja in simbolizacije na primeru

Najenostavnejša oblika 3R-kartografskega prikaza je upodobitev DMR (digitalnega modela reliefa) (slika 9). Relief lahko prikažemo kot mrežo kvadratov ali kot mrežo nepravilnih trikotnikov. Uporabnik dobi le predstav o oblikovanosti površja. Za izdelavo takšne predstavitve zgolj modeliramo osnovne podatke – model reliefa – in jih nato upodobimo. Kartografskega modela ne oblikujemo.



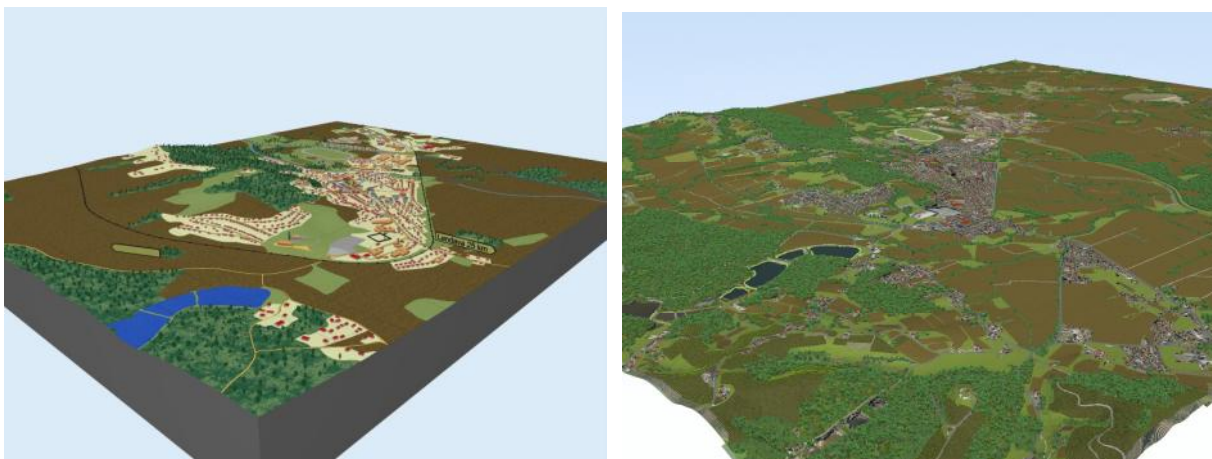
Slika 1: Prikaz reliefa z višinskimi točkami na preseki mreže kvadratov.

Model reliefa lahko dopolnimo z rastrsko sliko, ki jo v postopku kartografskega oblikovanja ustrezno oblikujemo. Iz relief napnemo topografsko karto, orto foto karto ali satelitsko sliko in tako pridemo na enostaven in do atraktivnih predstavitev določenega območja.



Slika 2: Relief prekrit s topografsko karto (levo) in digitalno ortofoto karto (desno).

Še bolj uporabne in atraktivne predstavitve pa nastanejo z dopolnjevanjem DMR -ja z rastrskimi in vektorskimi podatki. Rastrska slika, nalepljena ez DMR, obi ajno služi kot podlaga, na katero nato nanašamo vektorske geopodatke. Glede na oblikovanje vektorskih in rastrskih podatkov lo imo **znakovni** in **foto-realisti ni 3R-kartografski prikaz**. Foto-realisti ni prikaz je strokovno sprejemljiv pri prikazu iz velike bližine, kjer so objekti in pojavi v ospredju prikazani v zelo velikem merilu (Petrovi , 2001). Z znakovnim 3R-prikazom pa lažje prenesemo pomembne informacije do uporabnika (Hekmatzada in sod., 2008).



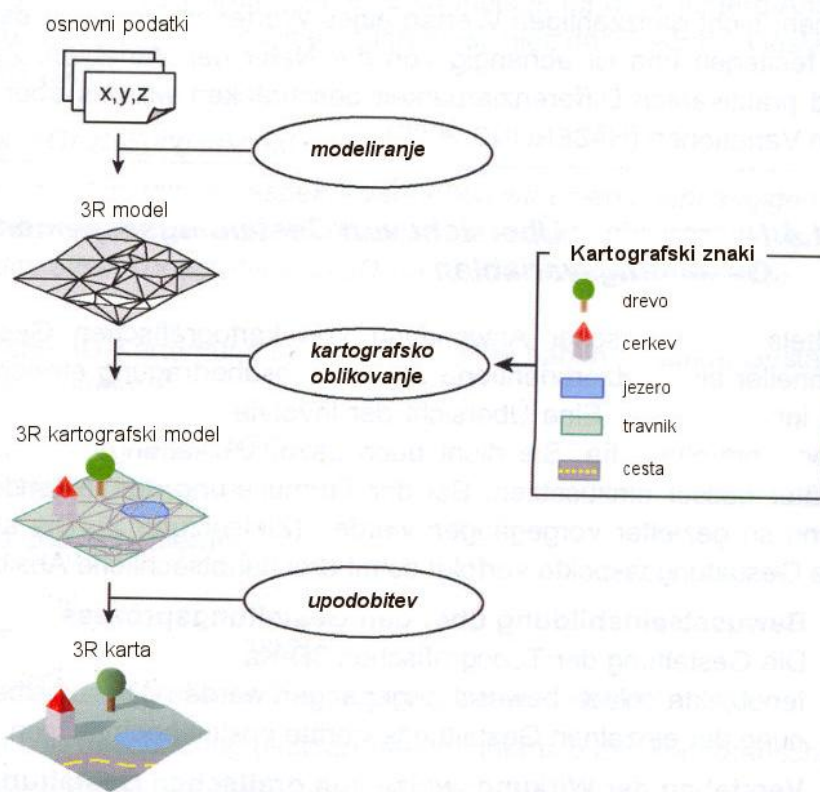
Slika 3: Znakovni 3R-kartografski prikaz (levo) in foto-realisti ni 3R-kartografski prikaz (desno).

4.2 Izdelava in oblikovanje 3R-karte

Za izdelavo in oblikovanje 3R-kart se danes uporabljajo ve inoma informacijska sredstva – strojna in programska oprema. Na tržiš u lahko najdemo veliko razli nih programov, ki omogo ajo kakovostno izdelavo 3R-kart. Moderne 3R-karte so le delno odvisne od navdiha in spretnosti avtorja, saj so veliko bolj odvisne od razpoložljivosti digitalnih podatkov, zmogljivosti programske opreme ali posebnih zahtev. Še najve vpliva ima avtor na grafi ni izgled karte oziroma na grafi no oblikovanje, v katerem dolo i zunanje zna ilnosti kartografskih objektov ali celotno predstavitev (Häberling, 2003).

Proces izdelave karte je ne glede na uporabljeno programsko opremo in obliko konnega izdelka v osnovi vedno enak. Sestavljen je iz naslednjih treh korakov:

- modeliranje osnovnih podatkov,
- kartografsko oblikovanje,
- upodobitev.



Slika: Shema procesa izdelave 3R-karte (Häberling, 2003).

Osnovne geopodatke najprej obdelamo s programsko opremo tako, da dobimo ustrezno obliko in format datotek za kasnejšo izdelavo 3R-karte v dolo enem programu. S tem smo prišli do osnovnega 3R-modela, ki ga s kartografskim oblikovanjem pretvorimo v 3R-kartografski model. Sledi še upodobitev 3R-kartografskega modela na predviden medij. Tako nastane 3R-karta.

4.2.1 Modeliranje osnovnih podatkov

3R-model opisuje geometrijo in pozicijo vsebovanih objektov trirazsežno. Temelji na osnovnih podatkih, ki se v procesu modeliranja pretvorijo v ustrezno podatkovno strukturo za nadaljnjo obdelavo.

S tem se kartografski objekti razvrstijo v georeferenciranem modelu. K objektom 3R-modela spadajo model terena, topografski kartografski objekti in orientacijski kartografski objekti, ki so opisani v nadaljevanju. Pri teh objektih so opredeljeni tudi vidiki oblikovanja (Häberling, 2003).

MODEL TERENA

Pri 3R-kartah predstavlja model terena podlago za topografske objekte. Kar moramo najprej določiti v 3R-modelu, je geometrija in oblika modela reliefa. Določimo ju z naslednjimi oblikovnimi spremenljivkami (Häberling, 2003).

- **Oblika izseka**

Pri obliki izseka določimo točno obliko zunanje meje izseka iz celotnega DMR, ki pa je prav tako omejen. Zunanja oblika izseka je lahko pravokotna, okrogla ali nepravilne oblike. Najbolj široko se uporablja pravokotna oblika, okrogla se uporablja predvsem za panoramske predstavitve, medtem ko je nepravilna oblika primernejša za predstavitve otokov ali posameznih držav.

- **Koordinatni sistem**

Georeferenciran položaj izseka DMR-ja je definiran preko posameznih točk modela, predvsem preko točk vzdolž meje izseka. Za določitev so nujno potrebne koordinate dveh definiranih točk in ene primerjalne ploskve. Koordinate lahko nastopajo kot pravokotne prostorske koordinate (X,Y,Z), geografske elipsoidne koordinate (λ , ϕ , h) ali ravninske koordinate (x, y, H ali r, α , H).

- **Geografski prostor (območje)**

Vsak izsek iz modela terena predstavlja določeno geografsko območje. Omejeno je z mejnimi koordinatami (pri pravokotnem izseku), s koordinatami opazovališča in

pripadajo im vidnim poljem (pri okroglem izseku) ali z mejo obreza želenega izseka (pri nepravilnem izseku).

- **Podatkovna struktura**

Model terena ima lahko različne podatkovne strukture. Lahko obstaja kot pravilna mreža kvadratov – GRID, nepravilna mreža trikotnikov – TIN, sivo-stopenjska podoba ali kot terenske linije (profili in višinske linije – vektorske izohipse).

- **Gostota točk na modelu**

Modeli reliefa se med seboj razlikujejo tudi po gostoti točk. Gostejša kot je razporeditev točk, bolj se model reliefa prilega realnemu reliefu.

- **Razmerje višin**

Možnost spremembe originalnih razmerij modela je ravno pri modelu reliefa največjega pomena. Predvsem namerno nadvišanje ali sploščenje izseka modela reliefa oz. sprememba višinskih razmerij prispevajo veliko k karakteristiki reliefa oziroma terena. Možno je tudi nesorazmerno horizontalno skaliranje x in y koordinat, ampak ni smiselno, kajti pri 3R-kartah naj bi bila razmerja med horizontalnimi dimenzijami avtentna.

TOPOGRAFSKI KARTOGRAFSKI OBJEKTI

Preko topografskih kartografskih objektov na karti dobi uporabnik največ informacij o prostoru. V procesu modeliranja se med seboj razlikujejo po naslednjih značilnostih:

- **Podatkovna struktura**

V 3R-kartah so upodobljeni topografski objekti večinoma vektorski objekti, ki so shranjeni v podatkovnih bazah. Topografski objekti imajo lahko tudi rastrsko podatkovno strukturo. Rastrski objekt je slika, definirana preko barvne vrednosti svojih pikselov in se ga v 3R-karto vključi s povezavo z vektorskim objektom. Glede na podatkovno strukturo ločimo naslednje topografske objekte: točkovni (nirazsežen), linijski (enirazsežen), ploskovni (dvoirazsežen), 3R-objekt in rastrski objekt.

- **Geometrija objektov**

Geometrija modela posameznega topografskega objekta je določena s številom in položajem posameznih podatkovnih točk. Povezava med njimi konstruira obliko linijskega objekta, napete površine (pri ploskovnem objektu) ali zunanje lupine (pri 3R-objektu). S premikanjem, brisanjem in dodajanjem podatkovnih točk se pri modeliranju originalna geometrija topografskega objekta spremeni.

- **Semantični atributi**

Semantični atributi topografskih objektov so integrirani v same topografske objekte in se jih grafično ne upodobi, odločilno pa vplivajo na kasnejšo grafično obliko preko asociativnosti.

- **Koordinatni sistem**

Preko položaja v prostorskem koordinatnem sistemu je definirana absolutna lega objekta. Vsak georeferenciran topografski objekt ima trojico koordinat. Najpogosteje so to X, Y in Z.

ORIENTACIJSKI KARTOGRAFSKI OBJEKTI

Poleg topografskih objektov so uporabniku na kartografskem prikazu predstavljeni tudi objekti, ki mu omogočijo orientacijo v 3R-karti. To so t.i. orientacijski kartografski objekti, ki jih oblikujemo in simboliziramo podobno kot topografske kartografske objekte. Delimo jih v naslednje skupine (Häberling, 2003):

- **Objekti za pojasnila**

Objekti so lahko v 3R-karti že direktno pojasnjeni preko oznak. Pri tem potrebujemo vsaj en položajno določeno vektor, na katerega pripnemo tekst ali znak.

- **Navedba položaja**

Podobno kot pri objektih za pojasnila je možno v 3R-model integrirati navedbe za položaj neposredno. Tako lahko v model integriramo linijske objekte, ki se pri upodobitvi izoblikujejo v koordinatno mrežo.

- **Navedba smeri**

Oznake za smeri neba ali grafi na vetrovnica dajejo uporabniku pomembno podporo pri orientaciji znotraj 3R-karte. Pomagajo mu pri dolo itvi smeri pogleda in dolo itvi geografske usmeritve objekta.

- **Navedbe merila in razdalje**

Navedba merila in razdalje služi kot nadaljnji orientacijski objekt. Pri oceni razdalje lahko pomaga uporabniku koordinatna mreža.

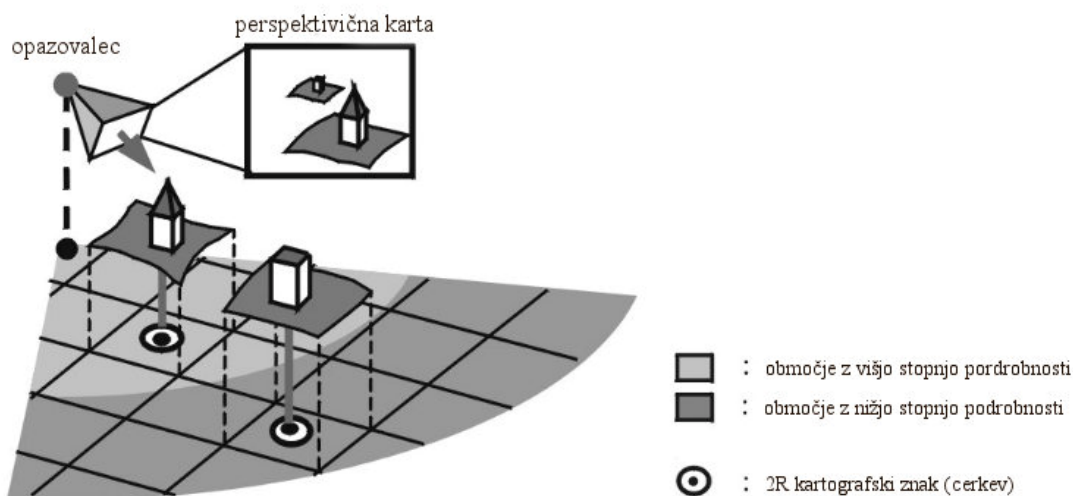
4.2.2 Kartografsko oblikovanje

Preko kartografskega oblikovanja dobijo kartografski objekti 3R-karte svojo zunanjo obliko in lego znotraj modela. Pri tem potrebuje vsaka vrsta objekta svoj kartografski znak, ki se ga oblikuje v skladu s stopnjo generalizacije in vnaprej dolo enimi zahtevami, kot sta ustaljen na in oblikovanja in barvni koncept. S tem dobi kartografski objekt svojo zunanjo grafi no podobo – ne glede na to ali imamo model terena, topografski ali ori entacijski kartografski objekt. Kot sredstvo oblikovanja so v prvi vrsti uporabljene Be rtinove grafi ne spremenljivke (barva, oblika, vzorec, smer, velikost in tonska vrednost) (Häberling, 2003).

Pri dodajanju rastrskih slik ez model reliefa kartografsko oblikovanje ne pride do izraza, saj obi ajno obstoje e rastrske podatke brez prilagajanja le vgradimo v 3R-kartografski model. Jasna prepoznava in razmejitev kartografskih objektov sta zato oteženi. Pri vektorskih podatkih pa je predhodno oblikovanje nujno potrebno, ker podatki ne vsebujejo nobenih grafi nih atributov. Tako se kartografsko oblikovanje v glavnem nanaša na vektorske objekte (*ibid.*).

V primeru, e želimo v 3R-karto vklju iti nivoje podrobnosti (LoD - Level of detail) moramo le to upoštevati že pri koraku kartografskega oblikovanja, uporabljen pa bo šele pri procesu upodobitve. Pri principu nivojev podrobnosti je zunanji izgled kartografskega objekta odvisen od opazovane razdalje, zato je glede na nivo podrobnosti potrebno za isti objekt pripraviti druga en kartografski znak. Tako naj bi bili v ospredju kartografski objekti bolj kompleksni

oziroma podrobnejši naravnim objektom, medtem ko za isto pomenske objekte v ozadju zadoš ajo že zelo poenostavljeni abstraktni znaki (*ibid.*).



Slika: Nivoji podrobnosti (Terribilini, 1999)

ZUNANJI IZGLED

Veji del topografskih kartografskih objektov ima za zunanji izgled bodisi konture bodisi robne ploskve ali oboje skupaj. Ti dve stilisti ni sredstvi sta ustvarjeni s pomojo barve, velikosti, oblike, svetlosti in vzorca :

- **Oblika**

S spremenljivko oblike je dolo ena zunanja lupina objekta. Oblika je dolo ena predvsem s stopnjo abstrakcije prikazanega objekta. Realna oblika predstavljenega topografskega objekta je lahko izražena preko abstraktne ali nazorne oblike. Oblika objekta na 3R-karti ni nujno identi na prvotni geometriji objekta. Smiselno je, da prvotne oblike geometrije modela ne spreminjamo, ampak jo nadomestimo z novo. Oblika kartografskih objektov pa je odvisna od veliko kriterijev: od izseka obmoja, povprenega merila, stopnje generalizacije objektov, gostote objektov in od stopnje abstrakcije.

- **Velikost**

Velikost to kovnih in linijskih objektov na 3R-kartah je mišljena kot metri na dolžina, širina in višina dva- in trirazsežnih oblik znakov, kakor tudi širina linijskih znakov. Velikost objekta je definirana v legendi, vendar zaradi perspektivi ne upodobitve – in s tem povezanega pomanjšanja in popačenja – njihova velikost na karti ni konstantna. Zaradi velikosti slike (enega izmed načel globinske zaznave prostora) so objekti vendarle zaznani kot enako veliki.

- **Barva**

Barva je ena izmed najpomembnejših značilnosti, po kateri se objekti med seboj razlikujejo. Pri uporabi barve v 3R-kartah je potrebno upoštevati, da se v kasnejšem postopku upodobitve pojavijo osvetlitve in potemnitve na barvah objektov zaradi osvetlitve in senčenja določenih delov karte. Zato je potrebno vedno paziti na zadosten kontrast med posameznimi barvnimi toni.

- **Svetlost**

Svetlost se izraža kot razmerje med temnimi in belimi deli na neki površini. Svetlost barve je določena z deležem bele barve v posameznem barvnem tonu.

- **Tekstura ploskve**

Teksturo ploskve določata sestava in grafičen izgled površine objekta, ki se kaže s strukturo oziroma z vzorcem površine. Tekstura ploskve obsega kombinacijo različnih spremenljivk, kot so oblika, velikost, barva, svetlost in smer. Z njimi oblikujemo površino posameznega objekta. Danes se za izdelavo teksture ploskve v veliki meri uporabljajo različni računalniški postopki, med katerimi sta najbolj znana *Textur-Mapping* in *Bump-Mapping*. S kombinacijami različnih spremenljivk, dobimo naslednje možnosti za oblikovanje teksture površine: fraktalna struktura, hrapavost, transparentnost, lastnosti materiala (odsevnost, odbojnost, lesk, lomljenje svetlobe) in vzorec (oblika, ponavljanje in smer vzorca).

V kolikor se želimo pri oblikovanju geopodatkov približati realni obliki, je to potrebno upoštevati pri oblikovanju kartografskih objektov. Opisane spremenljivke, kot so oblika, hrapavost površine, zna ilnost materiala in vzorec površine , nam omogo ijo dober približek realisti nemu izgledu. V današnji programski opremi za upodobitev pokrajine so teksturne in znakovne knjižnice že vklju ene v sam program. Uporabljajo se za oblikovanje razli nih objektov oziroma elementov pokrajine – reka, vegetacija, cesta in drugi. Da se im bolj približamo realnosti, nam omogo ajo tudi osvetlitev in sen enje, kakor tudi možnost vklju itve atmosferskih objektov in naravnih fenomenov. Slednji so opredeljeni v poglavju 4.2.3 Upodobitev.

NAPISI NA KARTI

Napisi na karti služijo kot pojasnilo in dopolnilo kartografskim objektom. Uporabi se jih vselej, ko grafi na izraznost sama po sebi ne prinaša dovolj velike inform ativne vrednosti in za navedbo semanti nih atributov kartografskih objektov (imena, numeri ne oznake, statisti ne vrednosti). Pogosto se prikažejo šele ob izrecni zahtevi uporabnika npr. s klikom na izbrani objekt in niso prikazani neposredno na upodobitvi (Petrovi , 2001). Za oblikovanje napisov na karti uporabimo razli ne oblikovne spremenljivke (Häberling, 2003):

- vrsta pisave,
- velikost pisave,
- debelina, lega in širina rk,
- razmik med znaki,
- na in zapisa (male in velike rke),
- posebni u inki (npr.: pod rtano, obrobljeno, sen eno),
- barva pisave,
- spreminjanje pisave (sprememba velikosti, barve in lege, rotacija) in
- tehnika ozna evanja (*billboard*, *mouse-roll-over* in *infobox*).

ANIMACIJA OBJEKTOV

V 3R-kartah so kartografski objekti lahko prikazani dinamično, ne le statično, kot je to značilno za tradicionalne karte. S pomočjo različnih programskih orodij lahko oblikujemo kartografske objekte tako, da ti med uporabo dinamične 3R-karte interaktivno ali avtomatsko spreminjajo položaj oziroma svojo zunanjo podobo. V postopek animacije moramo integrirati vsaj dve stanji enega izmed atributov (npr.: prehod iz ene barve v drugo).

4.2.3 Upodobitev

Upodobitev je tretji (zadnji) proces pri izdelavi 3R-kart. V tem procesnem koraku se odločimo o oblikovnih spremenljivkah iz postopkov modeliranja in oblikovanja pretvorijo v grafično podobo oziroma karto. S tem se prikaže vsebina karte. Za upodobitev 3R-kartografskega modela potrebujemo predvsem ustrezno tehnologijo. Najpomembnejša je upodobitvena programska oprema, ki upodobi 3R-kartografski model na 2R-podobi s postopkom renderiranja⁴(Häberling, 2003). Pred postopkom renderiranja 3R-kartografskega modela moramo določiti še nekaj spremenljivk, ki so opredeljene v nadaljevanju.

ZAKONITOSTI UPODOBITVE

Pri postopku upodobitve se modeliran in oblikovan 3R-kartografski model običajno upodobi na 2R-mediju, s čimer se 3R-model terena in kartografski objekti na njem projicirajo na ravnino po geometrijskih in matematičnih zakonitostih. Upodobitev se izvede z različnimi projekcijami in perspektivami (Häberling, 2003).

- **Projekcija in perspektiva**

Pri 3R-karti se upodobitvena ravnina običajno nahaja poševno glede na 3R-model. Istočasno se zgodi pomanjšanje prvotnih dimenzij modela, tako da se upodobitev prilagodi formatu prezentacijskega medija. Velja razlikovati med **paralelnimi projekcijami**, kjer projekcijski žarki potekajo vzporedno, ter **centralnimi**

⁴ Renderiranje je računalniški postopek izdelave podobe iz 3R-podatkov, shranjenih na računalniku. Podoben je fotografiranju, s to razliko, da moramo prvo ustvariti in osvetliti sceno na računalniku v obliki 3R-modela (Birn, 2002).

projekcijami, kjer projekcijski žarki izhajajo iz enega samega projekcijskega centra. Centralna projekcija sledi zakonitostim loveškega vizualnega zaznavanja, zato zaznavamo oblikovanje v tej projekciji kot najbolj podobno realisti nemu. Preprosta centralna projekcija je integrirana v ve ino programske opreme in je zato najpogosteje uporabljena pri 3R-kartah. Poznamo tudi **cilindri no projekcijo**, ki se uporablja predvsem za panoramske predstavitve .

OPAZOVANJE MODELA

Razli ni vidiki opazovanja modela dolo ajo vrsto in na in, kako bo uporabnik karte videl 3R-kartografski model. V veliki meri je to odvisno od kamere in njenih nastavitvev (Häberling, 2003):

- **Notranja geometrija kamere**

Vklju uje temeljne nastavitve kamere, kot sta **vidno polje** (field of view) in **pove ava** (zoom). Vidno polje je dolo eno z goriš no razdaljo kamere, torej z razdaljo med le o kamere in upodobitveno ploskvijo. Ve je, kot je vidno polje, ve modela lahko zajamemo s kamero. Pove ava pa služi za pove anje oziroma pomanjšanje projicirane upodobitve na projekcijski ravnini.

- **Zunanja geometrija kamere**

Pri zunanji geometriji kamere nastavi avtor karte tiste vrednosti, s katerimi je kamera položajno dolo ena in usmerjena na del modela, ki nas zanima. Pri tem moramo vedeti, da so nekatere spremenljivke zunanje geometrije medsebojno odvisne. Spremenljivke zunanje geometrije so: **horizontalni položaj kamere, višina kamere, položaj ciljne to ke, horizontalna usmeritev pogleda, opazovana razdalja, naklonski kot** (kot med smerjo pogleda in horizontalno ravnino) ter **rotacija in gibanje kamere** pri dinami nih predstavitev.

OSVETLITEV IN SENČENJE

Sou inkovanje luči in senc omogoča, da 3R-objekte zaznamo prostorsko. Osvetlitev in senčenje sta nujna oblikovna vidika pri oblikovanju prostora, saj simulirata naravne zakonitosti svetlobe. V moderno programsko opremo za upodobitev so že vključeni kompleksni algoritmi za osvetlitev in senčenje, preko katerih lahko nastane enostaven in v 3R-karto vključimo svetlobo in sence (Häberling, 2003).

- **Osvetlitev**

V naravi so zaradi različne sestave in prosojnosti predmetov različni odboji svetlobe. V postopku upodobitve se jim poskušamo čim bolj približati s pomočjo posameznih nastavitvev luči, kot so: **vrsta in intenziteta svetlobe luči, položaj in geometrija luči** ter **barva svetlobe**.

- **Senčenje**

Sposobnost prepoznave 3R-oblike na 2R-upodobitvi je v veliki meri odvisna od senčenja objektov. Usmerjena osvetlitev 3R-kartografskega modela povzroči nastanek senc v smeri osvetlitve. Geometrija sence je odvisna od oblike objekta in različnih vidikov osvetlitve. Za boljšo prepoznavo objektov in pravičen učinek senc moramo pri senčenju pravilno nastaviti **model in intenziteto senčenja ter ostrino senc**.

ATMOSFERSKI UČINKI IN NARAVNI POJAVI

Če stremimo k realistični upodobitvi 3R-karte, vključimo različne atmosferske učinke in naravne pojave. Po eni strani ti efekti zbudijo pri uporabniku asociativnost, po drugi strani pa se še vedno ohrani vizualna abstrakcija karte. Ti efekti in naravni pojavi so (Häberling, 2003):

- **Struktura neba in oblakost**

V perspektivi ni predstavitvi je zaradi kota opazovanja in omejenosti modela pogosto vidna horizontalna linija modela, nad katero se nahaja del slike, ki ga zaznamo kot nebo. Ta del slike lahko zapolnimo s prikazom neba in oblakov. S tem dobimo upodobitev, ki je zelo podobna vsakodnevni zaznavi okolja.

- **Meglica**

Vodne kapljice s posameznimi delci v zraku povzročijo v naravi motnost pogleda, ki jo vidi opazovalec v daljavi. Gre za oslabitev pogleda, ki je odvisna od razdalje do opazovanega objekta.

Z integracijo meglice poudarjamo globino prostora, določimo izseke modela karakteristično ločimo od aglomeracije, s spremembo barve meglice ustvarimo smog, lahko pa tudi vizualno zablješemo ozadje.

- **Megla**

Megla lahko še bolj kot meglica zmanjša tako horizontalni kot tudi vertikalni pogled. V naravi je bolj lokalnega pomena in bolj pri tleh. Kljub temu, da ne težimo k foto-realizmu, lahko megla poudari karakteristike gorovij ali rečnih dolin. Paziti moramo tudi na to, da megla ne prekrije določene kartografskih objektov.

- **Odsevnost**

Odsevnost je odvisna od značilnosti materiala površine objektov in od razmer osvetlitve. Lahko je direktna (zrcaljenje) ali difuzna (matirana). Predvsem pri vodnih objektih lahko odsevnost pripomore k prepoznavnosti kartografskega objekta.

- **Nebesna telesa**

Pri 3R-kartah, kjer je vidna struktura neba, je možno predstaviti nebesna telesa. Sonce, Luna in zvezde so lahko samostojni objekti z določeno značilnostjo (svetloba, pozicija, vrsta svetlobe, sevanje) ali pa so integrirani v sliko ozadja.

- **Letni as**

V določeni primerih uporabe 3R-kart je koristna tudi upodobitev letnega asa. Predvsem za karte manjših območij (za šport, turizem, nacionalne parke in podobno), pri katerih se infrastruktura in storitve nudijo tako poleti kot tudi pozimi, je sezonski grafični prikaz vsebine karte zelo učinkovit in koristen.

4.3 Vsebina in oblikovanje vsebin 3R-kartografskih prikazov

Vsebina 3R-kartografskega modela je na splošno enaka vsebini klasi nih kart. V celovitem 3R-kartografskem modelu so zajeti podatki, ki omogoajo upodobitev najrazličnejših oblik kartografskih prikazov. Nekateri uporabniški vmesniki dopuščajo uporabnikovo izbiro vsebine kartografskega prikaza glede na svoje zahteve. Lojmo lahko kartografske prikaze z **geografsko vsebino** in posebno **tematsko vsebino**.

Najpomembnejši del splošne geografske, še posebej pa topografske karte oziroma kartografskega modela so geografski elementi. Zajemajo opis zemeljskega površja z vsemi pripadajočimi objekti in pojavi na izbranem območju. V kakšni meri so zastopani na karti, je odvisno predvsem od namena uporabe (Radoševič, 1974b). V preglednici so prikazani glavni elementi topografske 3R-karte z nekaterimi primeri, kot jih vidi Haberling (2003).

Preglednica: Kratka vsebina topografske 3R-karte (Haberling, 2003)

	To kovni objekti	Linijski objekti	Površinski objekti
Relief	kote	plastnice	model reliefa
Naselja	posamezne zgradbe		industrijska cona
Hidrografija	izviri	reke, potoki	jezera, morja
Promet	postajališča	ceste, poti	parkirne površine
Infrastruktura	sprejemniki	električna napeljava	pokopališča
Pokritost tal	drevesa	žive meje	gozdovi, njive
Navidezne meje	sedež uprave	administrativne meje	naravni rezervat
Objekti za orientacijo	oznake	koordinatna linija	
Napisi na karti	napisi za zgradbe	napisi za reke	imena držav

Glavno vsebino kartografskih prikazov predstavljajo topografski elementi, ki so prikazani v **objektnem katalogu**. Ta služi za pojasnitev topografije kot dela stvarnosti in vsebuje naslednje nivoje (Petrovič, 2001):

- **Objekt** (topografski objekt) je konkreten, objektnemu tipu pripadajoč, geometrično omejen in z atributi opisan predmet realnega sveta.
- **Objektni tip** je kategorija istovrstnih topografskih objektov za kataložni namen (stanovanjska stavba, avtocesta in drugo).

- **Objektna skupina** je naziv ali organizacija enakih pojmovnih elementov zaradi poenotenja pojmov in je sestavljena iz objektnih tipov (cestni promet, vodni objekti in drugo).
- **Objektno področje** je v organizaciji pojmov najvišja stopnja in je sestavljena iz objektnih skupin (promet, hidrografija in drugo).

Relief terena in terenski objekti tvorijo dve osnovni skupini topografskih elementov, ki jih delimo na naravne in antropogene elemente. **Naravni elementi** so objekti in pojavi na zemljišću, ki niso nastali pod neposrednim vplivom človeka (relief, vodovje, rastje). V zadnjem času pa človek vse bolj vpliva tudi na te elemente, zato mednje uvrščamo še nasade, umetne izkope in podobne objekte, ki jih je sicer zgradil človek, vendar jih lahko v nekoliko drugačni obliki ustvari tudi narava. **Antropogeni elementi** pa so objekti, ki so po nastanku vezani na človeka in so izključno rezultat njegovega dela v prostoru (naselja, promet, zgradbe) (Petrovič, 2001). Na karte vključujemo tudi **zemljepisna imena in objekte za orientacijo**.

NARAVNI ELEMENTI

Relief prikazuje oblikovanost zemeljskega površja, ki se je oblikovalo pod vplivom delovanja notranjih (orogeneza) in zunanjih (erozija, denudacija) sil. Te sile so oblikovale različne vrste reliefa: normalni, kraški, ledeniški, priobalni, eolski relief in ognjenike. Za prikaz reliefa na kartah se uporabljajo različne metode, s katerimi se skušamo doseči čim boljši prostorski vtis (Radošević, 1974b):

- perspektivne metode (prikaz v perspektivnem pogledu na panoramskih, reliefnih in današnjih analitičnih 3R-kartah),
- plastične metode (metoda rtk, metoda senc in metoda barv),
- geometrične metode (izohipse in kote) in
- kombinacija različnih metod.

Pri 3R-kartografskih upodobitvah se lahko določene metode prikaza reliefa opusti, saj prikaz prostora v treh razsežnostih sam po sebi omogoča zaznavo višin in dober prostorski vtis. Kljub temu se določene elemente prikazuje za pojasnjevanje in poudarjanje reliefa. Na

vrhovih prikazujemo kote s kartografskimi znaki, z določenimi znaki poudarjamo brežnja in prelome, ohranjamo pa tudi plastnice, saj omogočajo natančno določitev višin.

Hidrografija je v kartografiji skupni pojem za vse vode in objekte, ki imajo vodo kot sestavni del (Radoševič, 1974b): morja, jezera, barja, ribniki, reke, potočki, kanali, izviri, studenci, rezervarji, rpalke, kot tudi različni objekti na morju in rekah, ki imajo naravne, ekonomske in obrambne značilnosti. Hidrografijo se na kartah prikazuje zelo podrobno, saj je pomemben element, ki vpliva na pojavnost drugih geografskih elementov. Prikazuje se z modro barvo.

Pri prikazovanju hidrografije na topografskih kartah je potrebno izpolniti naslednje zahteve (*ibid.*):

- predstavljene morajo biti geografske značilnosti obal jezer in morij,
- rečni sistem mora biti prikazan v celoti in s posameznimi značilnostmi,
- prikazane morajo biti vse kvalitativne in kvantitativne značilnosti vodnih objektov,
- odnos med hidrografijo in ostalimi elementi karte mora biti pravilno prikazan.

V kartografiji se je uveljavila delitev na stojee vode (predstavimo jih z obalo in vodno površino), tekoče vode (predstavimo jih z eno krivuljo različne debeline ali z dvema krivuljama na različni razdalji, med katerima je vodna površina) in vodne objekte (predstavimo jih s točkovnimi kartografskimi znaki) (*ibid.*).

Pri izdelavi 3R-kartografskega modela v večjih merilih moramo hidrografijo predstaviti čim bolj realistično. Za čim bolj naraven izgled najprej izdelamo strugo (za tekoče vode) ali krater (za stojee vode) v reliefu, vdolbino pa nato zapolnimo z vodo, ki ji dodamo naravne ukinke (valovitost površine in odsev okolice in neba). Pri manjših merilih tako upodobitev hidrografije zamenjamo s pogojnimi prikazom, za vodne objekte pa izdelamo 3R-kartografske znake.

Pokritost tal prikazuje porazdeljenost zemljišča (vegetacija) in vrsto tal (površinski sloj zemlje). Ta dva elementa sta med seboj povezana, zato ju obravnavamo skupaj (*ibid.*). Prikaz vrste tal se pojavlja na interzonalnem zemljišču, kjer vegetacija slabo uspeva in na azonalnem, kjer vegetacije ni. Na zonalnih oziroma plodnih tleh pa prikazujemo vegetacijo.

Pri upodobitvi vegetacije na 3R-kartografskih upodobitvah lo imo modeliranje rastlin in modeliranje vegetacije. **Modeliranje rastlin** predstavlja zahtevno nalogo, saj zahteva botani no znanje in ro no obdelavo. Vsak model rastline je definiran s 3R-geometrijo in zbirko tekstur (obi ajno fotografij delov rastlin). Z upodobitvijo takšnega modela rastline dosežemo visoko stopnjo foto-realizma (Döllner, 2007b). **Modeliranje vegetacije** je razdeljeno v dve fazi. V prvi dolo imo obmo ja enotne vegetacije (t.i. pedološka karta), na katera se nato razporedijo ustrezne rastline. Disperzija rastlin po ustreznih obmo jih se izvede avtomatsko, glede na vnaprej nastavljene parametre porazdelitve.

ANTROPOGENI ELEMENTI

Objekti in naselja so zelo pomemben element na kartografskih predstavitev. Naselja prikazujejo razmestitev prebivalstva, so križiš a komunikacij in središ e prometa. Vsebujejo različ ne pomembne objekte, ki prikazujejo razvitost dolo enega obmo ja. Lo imo gospodarske objekte (energetski, industrijski, kmetijski) in socialno -kulturne objekte (izobraževalni, zdravstveni, socialni, zgodovinski) (Radoševi , 1974b). Zgrajeni objekti na terenu imajo izrazit izgled in so zelo prepoznavni, zato sodijo med najpomembnejše objekte za orientacijo.

V 3R-kartografski upodobitvi so prostorski modeli objektov še posebej pomembni pri predstavitvi urbanega obmo ja. Za sestavo 3R-modelov zgradb potrebujemo podatke s tlorisnimi obrisi objektov, podatke o višinah posameznega objekta ter podatke o zna ilnostih streh objektov. Na fasade se lahko dodajo različ ni nanosi (fotografije), ki izboljšajo izg led posamezne zgradbe (Šumrada, 2005).

V *CityGML* je Kolbe (2005, cit. po Cartwright, 2007) dolo il štiri nivoje podrobnosti (LOD) za modele objektov:

LOD1: Kvadrasti modeli, izpeljani iz 2R-poligona obrisa zgradbe z asociativno višino.

LOD2: Modeli zgradb z izdelano geometrijo fasade in strehe.

LOD3: Modeli zgradb z teksturami in arhitekturnimi elementi.

LOD4: Arhitekturni modeli zgradb z interjerjem.

Prva dva nivoja podrobnosti sta uporabna za prikaz območij manjših meril in ju lahko generiramo avtomatsko. Tretji nivo podrobnosti se veliko uporablja pri prikazu iz bližine in v navideznih okoljih, četrti pa je manjšega pomena v kartografiji. Zadnja dva nivoja podrobnosti modeliramo ravnostno, za kar potrebujemo tudi nekaj znanja iz področja arhitekture. Za prikaze manjših meril prikazujemo pomembne objekte s pogojnimi znaki.

Komunikacije služijo povezovanju naselij, omogočajo gibanje in prevoz med naselji ter sporazumevanje ljudi na večjih razdaljah. Osnovna delitev je narejena na osnovi medija, v katerem se odvija promet (Radoševič, 1974b):

- kopenske komunikacije (železnice, ceste in poti),
- vodne komunikacije (plovne poti in objekti vodnega prometa),
- zračne komunikacije (letalski in helikopterski koridorji),
- posebne komunikacije (telekomunikacije, vodi).

Komunikacije se na 3R-kartografski upodobitvi prikazujejo kot linijski 3R-objekti. Oblikujemo jih lahko zelo realistično (s pomočjo teksturiranja) ali nazorno s pogojnimi linijskimi znaki, podobno kot v 2R-kartografiji.

Meje in mejni objekti prikazujejo delitev območij glede na politične in upravne kriterije. Z mejnimi objekti se prikazuje državna meja, upravne meje nižjih redov pa se prikazujejo izjemoma (Radoševič, 1974b). Na 3R-kartografskih upodobitvah je linijski 3R-znak najprimernejši način za prikazovanje mej. Paziti moramo predvsem na obliko in barvo znaka, saj se mora jasno ločiti od preostalih topografskih linijskih znakov (kopenske komunikacije in tekoče vode).

ZEMLJEPISNA IMENA

Zemljepisna imena so bogastvo kulture naroda in predstavljajo označitev oziroma poimenovanje posameznih topografskih objektov in pojavov. Ločimo različne vrste zemljepisnih imen (Radoševič, 1974b):

- toponimi: imena naselij in posameznih pomembnih objektov,
- hidronimi: imena tekočih in stoječih vod ter vodnih objektov,

- oronimi: imena za različne oblike reliefnih oblik,
- horonimi: imena držav, pokrajin, otokov in drugih območij.

Imena so vedno vezana na nek element vsebine karte. V 3R-kartografskem modelu jih običajno povežemo z vektorskim objektom (Häberling, 2003). V računalniškem okolju je najprimernejši način prikaza imen na zahtevo uporabnika.

TEMATSKA VSEBINA

Tematska vsebina karte prikazuje vso splošno geografsko vsebino ali le del vsebine, pri čemer je en od elementov analiziran in prikazan bolj podrobno in poudarjeno. Tematska karta lahko vsebuje tudi elemente, katerih ne najdemo na splošnih geografskih kartah. Take karte so namenjene točno določenim uporabnikom. Glede na tematsko vsebino ločimo (Racetin, F. 1974):

- fizično – geografske karte (atmosferske karte, karte hidrosfere, karte geofizičnih pojavov, geološke, pedološke, vegetacijske, zoološke karte),
- socialno – ekonomske karte (karte naseljenosti, politično – administrativne, etnografske, zgodovinske, turistične, prometne),
- tehnične karte (načrti raznih raziskav, pomorske, vojne karte).

Uveljavljene metode za prikazovanje tematske vsebine lahko uporabimo tudi pri 3R-kartah. V računalniškem okolju je mogoča še interaktivna izbira določene tematike na zahtevo uporabnika.

4.4 Generalizacija 3R-kartografskih modelov

Kartografska generalizacija je ustvarjalni proces posploševanja, ki se uporablja pri načrtovanju in pripravi vsebine karte (Milisavljevič, 1974). Z njo se kartografi trudijo izboljšati uporabnost karte ter izboljšati zaznavo geografskih podatkov in predstavitev prostorskih informacij. Postopke generalizacije se uporablja tako pri izdelavi karte kakor tudi pri modeliranju. Kartografska generalizacija se je in se še vedno izvaja predvsem ročno, ker je ta sestavljena iz vrste posameznih zapletenih postopkov, raznolikosti pristopov, različnih primerov in uporabnikovih želja. Z zbiranjem prostorskih podatkov v digitalni obliki, vzpostavitvijo prostorskih baz in z vse večjo uporabo geografskih informacijskih sistemov, se kažejo tudi vse večje potrebe po avtomatizirani kartografski generalizaciji (Keresteš, 2004).

Vendar pa je kartografska generalizacija edini postopek kartografije, ki ga ni mogoče popolnoma avtomatizirati, in predstavlja največji problem kartografije ob prehodu v računalniško kartografijo (Petrovič, 2001).

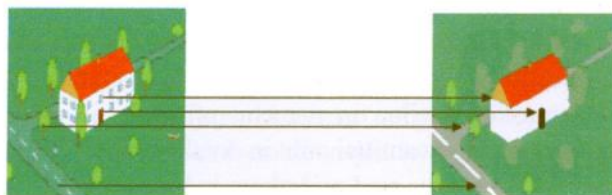
Stopnja kartografske generalizacije je odvisna od merila, namena, načina uporabe karte, kartografskih virov, praga vidljivosti in grafične obremenitve karte ter se izvaja preko medsebojno odvisnih postopkov, ki se delijo v pet skupin: (1) izbira in izpuščanje, (2) geometrično poenostavljanje, (3) združevanje, (4) prehod na pogojni znak in (5) premikanje. Omenjeni postopki generalizacije so se razvili za uporabo na 2R-kartah, vendar se uspešno uporabljajo tudi na 3R-kartah.

- **Izbira in izpuščanje objektov**

Z izbiro in izpuščanjem objektov se določijo osnovna vsebina karte:

- obseg in strukturo elementov, ki bodo na karti;
- cenzuse in kriterije, ki določajo, kateri objekti bodo prikazani;
- načela prioritete, če bi morali prikazati dva znaka na istem mestu in
- izjeme, ko lahko zaradi pomena vključimo tudi objekte, ki ne dosegajo cenzusov, torej, kjer prevlada kvalitativni kriterij nad kvantitativnim.

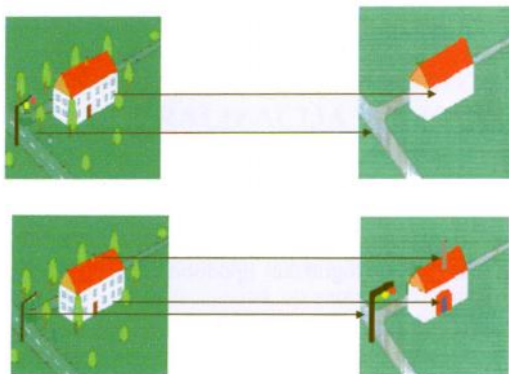
Prva faza izbire se izvede že pri določitvi geografske vsebine, ko izberemo objektne tipe, ki bodo vključeni v prikaz na karti. Drugo fazo pa se mora izvesti neposredno pri vnašanju objektov v karto (Milisavljevič, 1974). Pri uporabi interaktivnih 3R-kart se naloga izbire razdeli med izdelovalca karte in uporabnika, saj je lahko pri računalniški tehnologiji vsebina shranjenih informacij velika in uporabnik sam izbira količino informacij, ki se prikažejo na 3R-kartografskem prikazu (Petrovič, 2001).



Slika: Primer izbiranja in izpuščanja na 3R-karti (Chen in Bai, 2001, po Mašera, 2004).

- **Geometrijsko poenostavljanje**

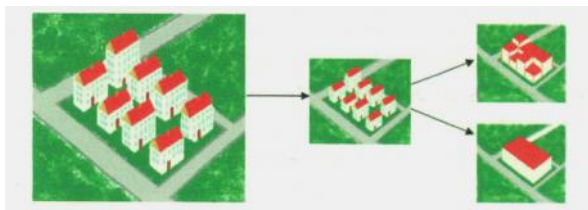
Postopek se uporablja pri generalizaciji linijskih objektov. Z njim iz poteka linije izloimo detajle, katerih velikost bi bila pod pragom vidnosti. Tako dobljena poenostavljena linija izboljšuje preglednost, jasnost in itljivost karte, vendar je potrebno ohraniti karakteristi ne lastnosti linijskega objekta (Milisavljevi , 1974). Pri poenostavljanju 3R-objektov se upošteva merilo 3R-kartografske upodobitve, saj z zmanjševanjem merila ni mogo e prikazati objekta z vsemi podrobnostmi. V mestnih kartah obi ajno upoštevamo tudi pomembnost objekta. Manj pomembne objekte tako poenostavimo, na pomembnejših pa poudarimo dolo ene zna ilnosti objekta.



Slika: Primer poenostavljanja in poudarjanja na 3R-karti (Chen in Bai, 2001, po Mašera, 2004).

- **Združevanje**

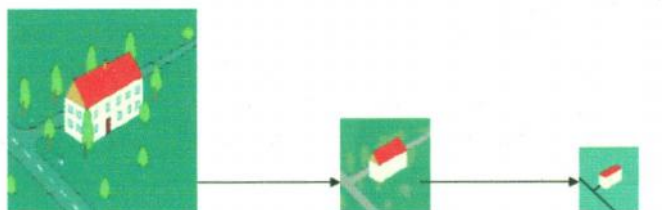
Postopek združevanja se uporablja pri prehodu iz prikaza v večjem merilu v prikaz v manjšem merilu. Pri tem postopku upoštevamo kvantitativne in kvalitativne kriterije. Pri 3R-prikazih se lahko sre ujemo z različnimi nivoji združevanja na eni sami upodobitvi (Petrovi , 2001). Objekte na 3R-prikazih združimo, kadar so objekti premajhni, da bi jih lahko prikazali v realni obliki in kadar jih ni potrebno prikazati lo eno.



Slika: Primer združevanja na 3R-karti (Chen in Bai, 2001, po Mašera, 2004).

- **Prehod na pogojni znak**

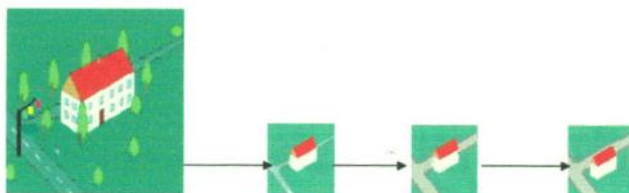
Postopek je enak izbiri nivoja podrobnosti kartografskega prikaza. V na jvišjem nivoju mora biti prikaz objekta čim bolj podoben realnemu izgledu objekta v naravi, v manjšem merilu se tak objekt nadomesti s poenostavljenim prikazom, v najmanjšem merilu pa s pogojnim prikazom (Petrovič, 2001).



Slika: Primer prehoda na pogojni znak na 3R-karti (Chen in Bai, 2001, po Mašera, 2004).

- **Premikanje**

Postopek izvajamo zato, da se izognemo prekrivanju posameznih objektov na karti, ki nastane zaradi spremembe merila. Pri tem moramo paziti, da se po premikanju ohranijo pravilni odnosi med objekti.



Slika: Primer premikanja na 3R-karti (Chen in Bai, 2001, po Mašera, 2004).

Omenjena na elu generalizacije upoštevamo tako pri florisnih 2R-kartah, kot tudi pri 3R-kartah. Pri 3R-kartah pa se pojavljajo še dodatni problemi, predvsem medsebojno zakrivanje objektov, zaradi česar moramo objekte premikati. Pri tem moramo paziti na ohranitev medsebojnih odnosov v horizontalni in vertikalni smeri. Problem predstavlja tudi zakrivanje objektov zaradi reliefnih ovir. Da ohranimo informacijsko popolnost, premaknemo take objekte v horizontalni ali vertikalni smeri, oziroma spremenimo model reliefa (znižanje ali premik reliefne oblike).

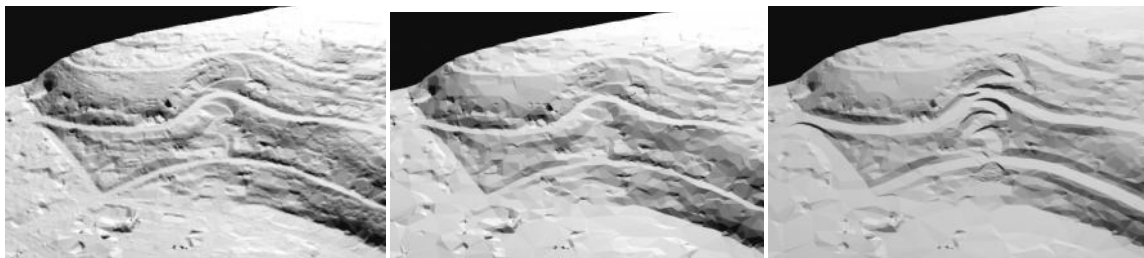
Generalizacija je pri 3R-kartografskih prikazih potrebna tudi zaradi velike količine podatkov, ki jih mora obdelati programska oprema za upodobitev. Z generalizacijo se namreč zmanjša

koli in podatkov, ki jih v postopku upodobitve program renderira. Danes je to vse manjši problem, saj imamo na razpolago zelo zmogljive računalnike za renderiranje.

Pri izdelavi 3R-kart moramo posebno pozornost posvetiti generalizaciji modela reliefa, saj lahko zemeljsko površje zaradi preveč podrobnega modela reliefa izgleda bolj kot groba grafična tekstura, namesto 3R-pokrajina. (Patterson, 2004). Pri izdelavi 3R-modelov mest pa moramo dodatno sprejeti še odločitve o načinu predstavitve in poenostavitve zgradb. Omenjeni generalizaciji sta bolj podrobno opredeljeni v sledečih podglavljih.

4.4.1 Generalizacija modela reliefa

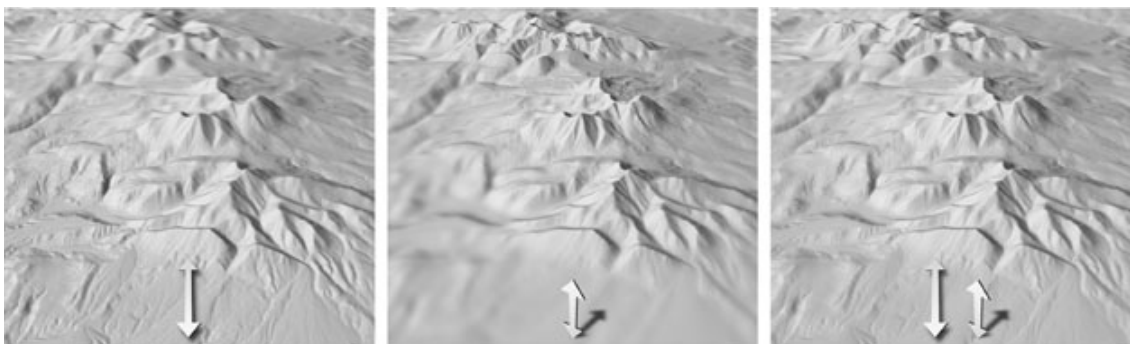
Pri generalizaciji modela reliefa moramo ob poenostavitvi reliefa poudariti tudi reliefne značilnosti, da zagotovimo pravilno zaznavo reliefa. Posebno pozornost moramo posvetiti poudarjanju in generalizaciji topografskih objektov, kot so nasipi, struge in ceste, ki jih poudarimo s širjenjem in povečevanjem, kar vodi do problema ne gladkih prehodov med sosednjimi območji in objekti. Prehode nato zgladimo (Kremeike, 2004).



Slika: Generalizacija modela reliefa:

(1.) izrez osnovnega DMR (1 000 000 trikotnikov); (2.) Generaliziran DMR (10 000 trikotnikov); (3.) Generaliziran DMR s poudarjenimi (razširjenimi) cestami (Kremeike, 2004).

Z generalizacijo modela reliefa pa lahko ustvarimo tudi boljše globinsko zaznavo pri 3R-kartah. S povečevanjem stopnje generalizacije od ospredja proti ozadju ustvarimo optično iluzijo globine. Ta generalizacija zmanjša čas renderiranja, kar je zelo pomembno pri interaktivnosti. Postopna generalizacija se lahko uporabi tudi v vertikalni smeri, kar povzroči bolj opazne detajle na višjih delih DMR-ja. Tehnika posnemanja inek atmosferske meglice (Patterson, 2004).



Slika: Postopna generalizacija:

- (1.) petkratno postopno zmanjšanje resolucije od ospredja proti ozadju ,
- (2.) postopno zmanjšanje resolucije od višje leže ih predelov proti nižjim in (3.) kombinacija: zmanjšanje resolucije od ospredja proti o zadju in od višje leže ih predelov proti nižjim

4.4.2 3R-generalizacija zgradb

V zadnjem času so 3R-modeli mest vse bolj razširjeni, njihova uporaba pa se je usmerila od tradicionalnih analiz k predstavitev urbanega okolja. Najbolj priljubljeni so real-time in internetni sistemi upodobitev, ki ponujajo zelo realistične prikaze. Zelo podrobni prikazi pa niso vedno najboljši za prenos prostorskih informacij (Kada, 2007a).

Kartografski prikazi morajo poudariti celotno obliko objekta in ne nepomembnih detajlov. Pri tem se morajo ohraniti karakteristične lastnosti objektov. Posebej pomembne so značilnosti specifičnih objektov, ki oblikujejo pokrajino. Poenostavljen model cerkve mora tako vsebovati zvonike, saj drugače ne bi bil prepoznaven. Generalizacija posameznih zgradb je ena izmed glavnih nalog kartografske generalizacije pri 3R-kartah in mora slediti naslednjim načelom (Kada, 2007b):

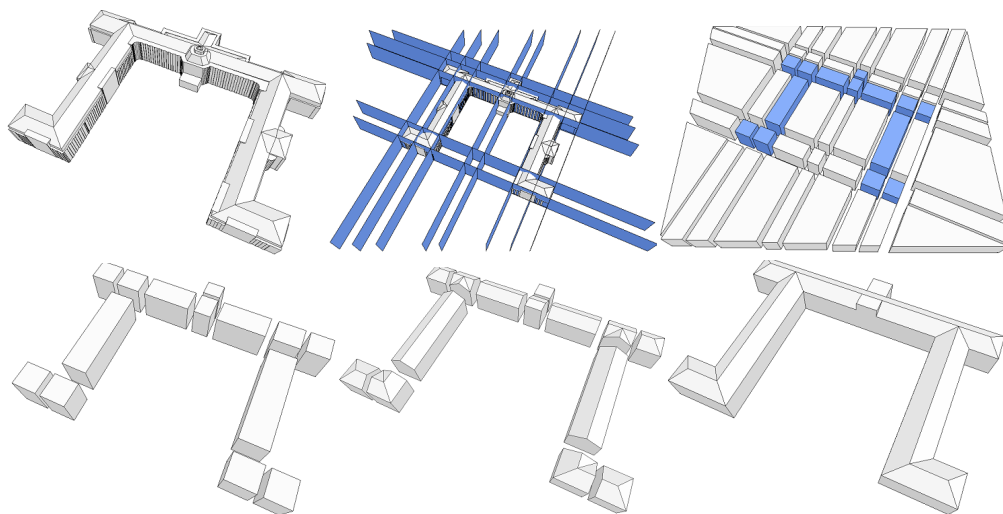
- odstranitev nepomembnih detajlov,
- vzdrževanje geometrijskih odnosov,
- ohranitev vizualnih posebnosti objekta.

Zaradi prikaza v perspektivi ni projekciji 3R-karte konstantnega merila. Ta problem rešuje tehnika nivojev podrobnosti (LOD), ki zagotavlja, da je vsak element 3R-karte predstavljen z ustreznimi grafičnimi spremenljivkami v odvisnosti od lokalnega merila. Tako

morajo biti tudi zgradbe v ospredju predstavljene bolj podrobno kot zgradbe v ozadju. Zato so se razvili sistemi, ki omogoajo samodejno upodobitev 3R-kart z različnimi podrobnostmi modela. Taki sistemi so se razvili predvsem za foto-realisti ne upodobitve, medtem ko je za preprostejše (ne-realisti ne) prikaze običajno dovolj le ena stopnja podrobnosti.

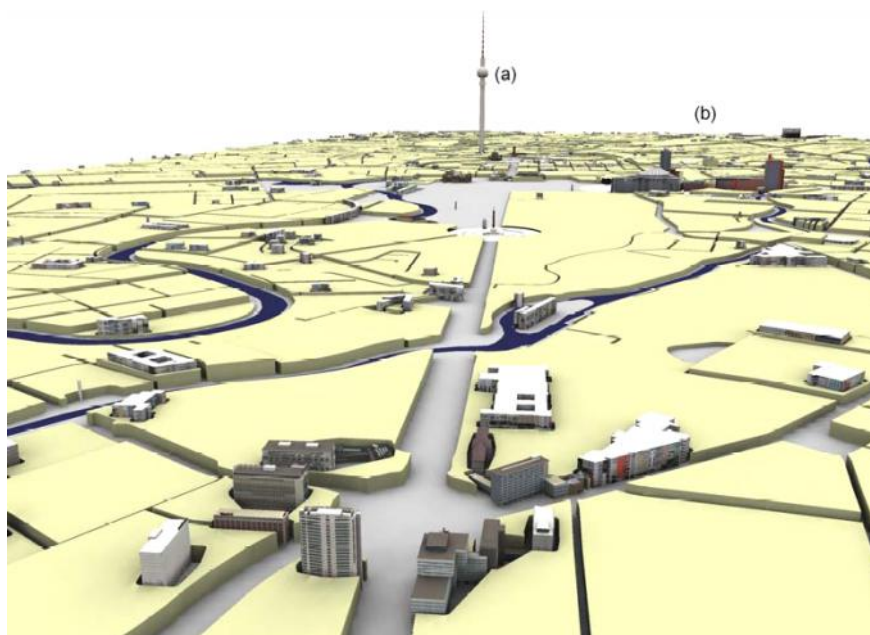
V zadnjem času so se uveljavile različne metode 3R-generalizacije zgradb. Večina metod je usmerjenih k samodejni generalizaciji. Avtorji pomembnejših metod so Forsberg, Thiemann and Sester, Anders in Kada. Slednji predlaga generalizacijo, ki poteka v petih korakih in je sestavljena iz dveh faz in sicer iz (1) 2R-poenostavitve poligona obrisa zgradbe in (2) poenostavitve geometrije strehe.

V prvem koraku se poligon obrisa zgradbe razdeli z razdelitvijo na enostavne pravokotnike. S tem določimo dominantne fasade. V drugem koraku se glede na razdelitev iz prvega koraka zgradbo razdeli na kvadraste gradnike, ki se jih v tretjem koraku identificira. S tem je prva faza zaključena. V drugi fazi se nanovo zgradi poenostavljena streha. Za vsako enoto se individualno določi oblika strehe tako, da najbolje ustreza originalnemu modelu. Na koncu se iz vseh oblikovanih elementov sestavi končni 3R-model zgradbe.



Slika: 3R-generalizacija zgradb: (1.) Originalni model, (2.) določitev dominantnih fasad, (3.) in (4.) določitev in identifikacija gradnikov zgradbe, (5.) rekonstrukcija oblike strehe in (6.) izdelava končnega modela zgradbe (Kada, 2007a).

Glander in Dollner (2008) predlagata tehniko poenostavitve celih mestnih karejev, pri čemer se ohrani dovolj informacij za orientacijo in navigacijo v 3R-modelu mesta. Tehnika temelji na predstavitvi manj pomembnih objektov z enostavnimi kvadrastimi celicami, razpoznavni objekti pa ostanejo pri tem nespremenjeni. S tem se dodatno poudari orientacijske in navigacijske znake.



Slika: Generalizacija mestnih karejev na primeru 3R-modela mesta Berlin (Glander in Dollner, 2008).

4.5 Uporabnost 3R-kartografskih modelov in 3R-kart

Do 3R-kart pridemo z upodobitvijo 3R-kartografskega modela, ki ga lahko uporabljamo tudi za druge namene, ne le za upodobitev 3R-kart. Zato obravnavamo uporabo kartografskih modelov in kart skupaj (Petrovi , 2001).

Raunalniška tehnologija omogoča sodobne upodobitvene tehnike, s katerimi izboljšamo uporabnikovo zaznavo in sposobnost pravilnega odločanja. To so predvsem multimedijske predstavitve, ki vključujejo (Bidoshi in sod., 1999):

- 3R-upodobitve, ki izboljšujejo nivo zaznavanja višin,
- dodajanje zvoka in 3R-stereo zvoka,
- dinamični dogodki, ki privlačijo pozornost uporabnika,

- uporaba svetovnega spleta in ustrezne oblike zapisa podatkov, ki olajšuje možnosti široke uporabe in
- inteligentne upodobitve z možnostjo uporabnikovega vpliva nanje – interaktivnost.

Multimedijska orodja se danes široko uporabljajo za boljši prenos prostorsko povezanih informacij. Razvoj na področju prostorskih upodobitev ob podpori multimedijskih orodij vodi v razvoj interaktivnih 3R-kart. Med take predstavitve spada navidezna resničnost, ki se pojavlja v vseh področjih človekovega delovanja. Pri predstavitvi prostorskih podatkov v kartografiji je razumljivo še posebej prisotna.

Z vidika psihologije zagotavljajo 3R-kartografski izdelki bolj naravno zaznavo prostora – skoraj brez kodiranja informacij o višinah. Iz tehničnega vidika pa razvoj računalniške grafike in procesorjev ter vse manjših in zmogljivejših računalnikov omogoča zelo široko uporabo 3R-kart (Jobst in Germanchis, 2007).

Pri uporabi 3R-karte, uporabnika največkrat zanima (Petrovič, 2001):

- določitev posameznega topografskega objekta (enolično na osnovi vnaprej določenega kartografskega modeliranja),
- generalna orientacija v prostoru (pomembnejša je popolnost prikaza v primerjavi z natančnostjo in podrobnim prikazom detajlov),
- atributiranje objektov (imena, lega, lastnosti) ter
- pridobivanje kartometričnih podatkov (razdalje, površine, smeri, višine).

Pri digitalnih modelih topografskih podatkov se pojavljajo tudi slabosti in omejitve, ki pa so ob hitrem razvoju tehnologije vse manjši. Te slabosti in omejitve so (Petrovič, 2001):

- za izgradnjo in uporabo digitalnega modela potrebujemo ustrezno zmogljiv računalnik z ustrezno programsko opremo in vhodno-izhodnimi enotami,
- zaradi velikih količin in podatkov se sreujemo z omejitvami strojne računalniške opreme, ki se kaže v zmogljivosti diskov ter hitrosti prenosov in izvajanja operacij, še posebej pri medmrežnih aplikacijah,
- izdelovalci modelov in uporabniki morajo biti večji uporabniki računalnikov in ustrezne programske opreme ter

- nastajajo izgube podatkov pri transformacijah med formati podatkov.

Najširše uporabne 3R-karte so 3R-modeli mest. 3R-modeli mest predstavljajo urbano okolje, kjer so večinoma naravnega okolja, vključno z reliefom, medtem ko preoblikovali in zapolnili antropogeni objekti, predvsem zgradbe (Radovan in Janežič, 1999; iz Radovan in Janežič, 2001). Razviti modeli mest se v praksi uporabljajo za mnogo širši spekter aplikacij, kot je bilo prvotno zamišljeno, in različne uporabe se v marsikateri razlikujejo od izvirne uporabe.

Uporaba 3R-modelov je tipična pri načrtovanju novih delov naselij, ko je potrebno ohraniti značilnosti ali simulirati vstavitve novogradnje še pred začetkom gradbenih del. Pomembni so lahko tudi kot geoinformacijska podpora pri izdelavi različnih planskih aktov, obravnavi površin in volumnov, vrednotenju etažne lastnine, načrtovanju revitalizacije, spomeniškem varstvu, inventarizaciji in vrednotenju (Radovan in Janežič, 2001).

V delu »Visualizing the City« so Batty in sod. (2001) definirali 12 različnih kategorij uporabe modelov mest, in sicer: **urbanistično načrtovanje, arhitektura, telekomunikacije, infrastruktura in javne storitve, javne službe za nujne primere, marketing in gospodarski razvoj, posestne analize, turizem in razvedrilo, e-trgovina, okoljski informacijski sistem, izobraževanje in učenje ter mestni portali.**

Možnosti uporabe 3R-upodobitev, ki ne prikazujejo urbanega okolja, so v splošnem enake, s to razliko, da je poudarek takšnih upodobitev na naravnem okolju.

4.6 Realizem in abstrakcija

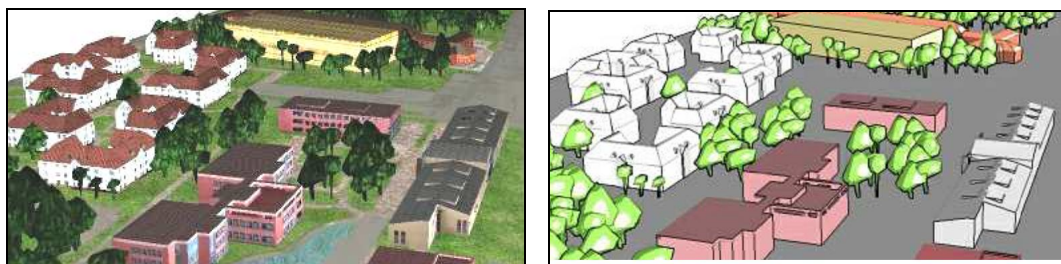
Tradicionalne 2R-karte so se stoletja uporabljale za predstavitev prostorskih povezav med značilnostmi na zemeljskem površju. S pomočjo planinskega pogleda so geografske informacije predstavljene na ravni ploskvi tudi, če so podatki 3R (Dey, 2005). Največji problem je predstavljalo prikazovanje reliefa. V 18. stoletju so za prikazovanje reliefne oblikovitosti uporabljali prikaz hribov, nato se je uveljavila metoda višinskih šraf ali rtk, konec 19. stoletja pa je postal osnovni način prikazovanja reliefa s plastnicami (Petrovič, 2001). Dodatne možnosti prikaza reliefa predstavljata hipsometrična metoda in poltonsko senčenje.

Te metode pomagajo uporabniku do mentalne predstavitve izgleda terena, saj so abstrakcija realnosti in ne prikazujejo neposredno, kako teren izgleda, 3R-prikazi pa odstranijo abstrakcijo iz predstavitve reliefa (Dey, 2005).

V drugi polovici prejšnjega stoletja je bilo veliko raziskav v kartografiji usmerjenih v razvoj abstraktnih oblik predstavitve kart. Tu velja izpostaviti predvsem razli na dela Bertina, Robinsona in Jenksa. V nasprotju s temi raziskavami pa so raziskave v računalniški grafiki usmerjene predvsem v izdelavo visoko realističnih prikazov z osredotočenostjo na navidezna okolja. Na eni strani je tako kartografija, ki že stoletja uspešno izdeluje abstraktne kartografske predstavitve za enostavnejše razumevanje sveta, na drugi strani pa je računalniška grafika, ki z detajlnimi 3R-predstavitvami omogoča boljše zaznavo prostora. Pravi izziv ni v odločitvi, kateri od teh pogledov je pravilen, ampak leži v (MacEachren, 2008):

- razumevanju relativnih prednosti abstraktnosti in realizma za različne problemske vsebine, uporabnike in vrste predstavitve informacij in v
- možnosti kombiniranja abstraktne in realistične predstavitve.

Med 3R-kartografskimi prikazi je na eni strani **foto-realistična upodobitev**, ki je tako blizu fotografiji, kot to dopušča trenutna tehnologija in razpoložljivi podatki, na drugi strani pa **znakovna upodobitev**, ki vsebuje visoko stopnjo abstrakcije in naj bi bila bolj učinkovita pri prenosu informacij. Spodnja slika prikazuje foto-realistično in znakovno upodobitev istega 3R-modela.



Slika: Foto-realistična in znakovna upodobitev istega 3R-modela (Döllner in sod, 2008).

Foto-realisti ni prikaz

Foto-realisti ne upodobitve so se ob podpori računalniške grafike najprej začele pojavljati na področju računalniških iger. Razvili so se algoritmi za učinkovito renderiranje velikih, kompleksnih digitalnih modelov reliefa in prostorskih objektov. Za foto-realisti ne upodobitev sta tako najpomembnejši učinkovito renderiranje in visoko kvalitetni podatki o teksturah in geometriji objektov.



Slika: Foto-realisti en 3R-kartografski prikaz (3D Nature, 2008).

Foto-realisti ne upodobitev zahteva geometrične in grafične detajle in je odvisna od njih, če želi doseči prepričljiv rezultat. Ob pomanjkanju zadostnih detajlov vizualni rezultat ni prepričljiv za opazovalca. Foto-realisti ne računalniška grafika ne zagotavlja optimalne rešitve za jasno, izrazno in razumljivo upodobitev, zato ni optimalna za kartografsko upodobitev, za katero se bolj uveljavlja znakovni prikaz.

Znakovni prikaz

Znakovna upodobitev ima velik pomen za vizualno abstrakcijo kot primarno tehniko za učinkovitejši prenos kompleksnih prostorskih informacij in obenem ponuja temelj za razvoj novih kartografskih konceptov za upodobitev geoinformacij, kot so pona zorični modeli mest in pokrajin (Döllner, 2007a).



Slika: Znakovni 3R-kartografski prikaz s stilistično oblikovanimi robovi (Döllner in sod, 2008).

Znakovni prikaz v splošnem zagotavlja upodobitev vizualnih informacij bolj namensko orientirano z uporabo principov, ki veljajo za ilustracije. Ti principi so: poudarjanje in oblikovanje robov, abstraktna osvetlitev in abstraktno senčenje. Znakovni 3R-prikaz je lahko bolj izrazen, lepši in predvsem učinkovitejši pri prenosu informacij.

5 IZDELAVA 3R-KARTOGRAFSKEGA PRIKAZA ZA OBMOJE MESTA LJUTOMER

V zadnjem času se pojavlja vse več 3R-prikazov različnih namenov in oblik. Glede oblike 3R-prikaza sta se uveljavila predvsem: (1) znakovni 3R-prikaz, ki z visoko stopnjo abstrakcije poskuša čim bolj jasno in učinkovito prenesti informacije na uporabnika, ter (2) foto-realistični 3R-prikaz, ki prikazuje določeno geografsko območje z ogromno količino vizualnih informacij. Slednji prikaz je zelo pogost v računalniški grafiki za potrebe iger, pojavljajo pa se tudi že v kartografiji kot osnova za navidezno resničnost. Znakovni 3R-prikazi, katerih namen je abstrakcija realnosti, pa so znatno redkejši in se v okviru kartografije razvijajo od samih začetkov 3R-prikazov.

V moji diplomski nalogi sem izdelal dva različna 3R-kartografska prikaza za isto območje, ki vsebuje tako urbano kot tudi naravno okolje z različnimi reliefnimi oblikami in vegetacijo. S tem sem omogočil celovito primerjavo med znakovnim in foto-realističnim prikazom, saj se v območju predstavitve nahajajo vsi pomembni antropogeni kot tudi naravni kartografski elementi. To območje je območje mesta Ljutomer.

Najprej sem izdelal in oblikoval znakovni 3R-kartografski model za izbrano območje, s katerim sem ustvaril osnovo za kasnejšo abstraktno upodobitev urbanega in naravnega okolja. Pri izdelavi sem se trudil oblikovati kartografski model, ki bo upodobil čim bolj razumljiv prikaz prostora brez odvečnih podrobnosti, saj lahko ovirajo prenos geoinformacij. V nasprotju s tako oblikovanim 3R-kartografskim modelom sem izdelal še foto-realistični 3R-kartografski model, za katerega sem moral pridobiti nekatere kvalitetne podatke, kot so geometrija objektov in terenske fotografije. Z izbiro in upodobitvijo določenih pogledov v foto-realističnem 3R-kartografskem modelu sem prišel do 3R-kartografskih prikazov, ki so po izgledu zelo blizu fotografijam. Takšni prikazi vsebujejo veliko vizualnih informacij, kar je dvorezen mehanizem. Na eni strani lahko zelo detajlno zaznamo kartografske objekte, ki so prikazani v velikem merilu, na drugi strani pa pri prikazih iz večje oddaljenosti postane vsebina vizualno preobremenjena.

V obeh 3R-kartografskih modelih sem v postopku upodobitve izbral za nekatere parametre podobne vrednosti (projekcija, nastavitve kamere, osvetlitev in drugo) ter tako dobil 3R-kartografske prikaze, ki omogočajo uinkovito primerjavo med znakovnim in foto-realističnim 3R-kartografskim prikazom.

5.1 Določitev območja in geografske vsebine

Mesto Ljutomer se nahaja v osrju Prlekije – na skrajnem robu Štajerske. Skozi mesto teče reka Ščavnica, ki se pri Razkrižju izliva v reko Muro. Območje obsega del Panonske kotline, ki je s svojimi kvartarnimi naplavinami in sedimenti pripomogla k razvoju regije in celotnega območja.

Geografsko je območje mesta Ljutomer pretežno ravninsko, le na zahodu se dviga grič Kamenšak. Jug mesta zaključujejo ribniki, za katerimi se relief dvigne v Jeruzalemske gorice. Na teh zaobljenih gričih se nahaja listnati gozd, značilni izgled pa dodajajo vinske ceste in terase, zasajene z vinogradi. Severovzhodno od mesta pa se na izraziti ravnini nahajajo obdelane površine, travniki in listnati gozdovi manjših površin.

Mestno jedro Ljutomera sestavljajo trije trgi, vsak s svojim znamenjem. Stari trg se ponaša z Anino kapelo iz leta 1756, na Glavnem trgu se nahaja znamenje iz leta 1729, kjer na visokem stebriku stoji kip Brezmadežne Marije, na Mikloševem trgu pa se nahaja kapela sv. Florjana, ki je del obzidja ljutomerske cerkve, zgrajene leta 1736. Cerkev sv. Janeza Krstnika je najizrazitejša vizualna dominantna v zgrajenem prostoru in se nahaja ob vznožju griča Kamenšak. Na Glavnem trgu je poleg Marijinega znamenja pomembna vizualna dominantna prenovljena Mestna hiša, nekdanji stari trški Rotovž iz leta 1833. Tretji opazen objekt v mestu Ljutomer pa je Osnovna šola Ivana Cankarja, ki leži nad starim trgom, na sredini vzpetine na Kamenšak. Okolico starega mestnega jedra zapolnjujejo predvsem veštanovnanjske hiše in bloki, katerim sledijo veštanonadstropne hiše.

Severno od mestnega jedra, ob reki Ščavnici, ležijo športno-rekreacijski objekti (kopališče, stadion, teniška igrišča in hipodrom), katerim sledi industrijska cona. Na vhodu v mesto

Ljutomer iz jugozahodne smeri lahko najdemo mestno naselje Jurševka, na obrobju katerega stoji vinska klet Ljutomer an.

Na razvoj mesta je pomembno vplivala regulacija reke Šavnice in izgradnja Gajševskega jezera, ki je preprečilo številne poplave iz preteklosti. Reka Šavnica je razdeljena pred vodom reke iz severozahodne strani v mesto na dva rokava, ki se po prehodu iz mesta ponovno združita.

Mesto se nahaja na regionalni cesti Gornja Radgona – Ormož in Ljutomer – Lendava ter je tako pomembno prometno središče. Skozi mesto poteka tudi železniška proga Budimpešta – Trst, ki iz juga, vzhoda in severa zaključuje urbani del mesta.

Območje, ki sem ga zajel v diplomski nalogi, je zanimivo zaradi raznovrstnega reliefa in raznolike pokritosti tal. Tako so na eni strani na izraziti ravnini manjša področja istovrstne vegetacije (razparcelirane njive, travniki in manjša gozdna območja), na drugi strani pa se na gričih nahajajo večje gozdne površine, med katerimi je lovek oblikoval vinograde.

Velikost območja, ki ga zajema **foto-realistični 3R-kartografski model**, je omejeno z naslednjimi koordinatami v Državnem koordinatnem sistemu – D48:

po y-osi: 590.000 m – 594.500 m

po x-osi: 151.000 m – 157.000 m

Območje je veliko 4 500 m x 6 000 m in ustreza velikosti štirih listov TTN5 (Temeljnega topografskega na rta merila 1 : 5 000). To območje sem za potrebe **znakovnega 3R-kartografskega modela** zaradi neustrezne programske opreme nekoliko zmanjšal (slika 4) in sicer na:

po y-osi: 590.710 m – 593.340 m

po x-osi: 151.710 m – 154.870 m



Slika 4: Velikost območja foto-realističnega (zelen pravokotnik) in znakovnega (rde pravokotnik) 3R-kartografskega modela.

Mejne koordinate za znakovni model sem izbral tako, da kljub zmanjšanju območja še vedno zajemajo vse pomembne kartografske elemente.

5.2 Vzpostavitev podatkovnega 3R-modela

Pri izdelavi vseh vrst kart se danes uporablja skoraj izključno računalniška tehnologija. Osnovno opremo računalniškega kartografskega sistema vključujeta predvsem zmogljiv računalnik z visoko ločljivim zaslonom in ustrezna programska oprema. Ostala oprema se uporabi glede na določene potrebe (skaner, tiskalnik in drugo). Tako je kartograf pri izdelavi 3R-karte v veliki meri odvisen od svojega računalniškega znanja.

Osnovni podatki, ki jih potrebujemo za izdelavo 3R-modela in dalje za 3R-kartografski prikaz so večinoma v neki osnovni obliki in podatkovni strukturi. V procesu modeliranja moramo

osnovne podatke pretvoriti v ustrezen podatkovni format, ki jih nato uporabimo v programski opremi za vzpostavitev 3R-modela.

MODEL RELIEFA

Osnova za vse 3R-kartografske prikaze je **digitalni model reliefa**, ki sem ga pridobil na GURS kot DMV 12,5 (Digitalni model višin). Ta je zapisan kot pravilna mreža kvadratov v digitalni obliki in opisuje zemeljsko površje v ASCII zapisu x, y, z, kjer so sosednje položajne (x in y) koordinate med sabo oddaljene 12,5 m. Za izdelavo modela reliefa na mojem območju sem potreboval štiri sosednje liste DMV 12.5⁵, ki sem jih v programu *Notepad*TM združil. Tako sem dobil samo eno datoteko – v formatu XYZ, ki vsebuje podatke o celotnem modelu reliefa za moje območje. To datoteko sem nato uvozil v program *Visual Nature Studio 2*TM in tako dobil digitalni model reliefa, ki mi je služil za izdelavo foto-realisti nega 3R-kartografskega prikaza. Za znakovni 3R-kartografski prikaz sem digitalni model reliefa vzpostavil s programskim dodatkom *ArchiTerra*TM, ki se uporablja kot dodatek k programu *ArchiCAD*TM.

RASTRSKE DATOTEKE

Rastrska struktura grafičnih podatkov je sestavljena iz dvorazsežnega polja ali matrike gridnih celic enake oblike. Položaj vsake posamezne celice je enolično določeno s številom vrstice in stolpca v gridni mreži ali matriki. Celici se dodeli ena sama vrednost, za notranjost celice pa se predpostavlja homogena vrednost. Vsebuje lahko tudi podatek ali kodo o atributu, ki ga prikazuje. (Šumrada, 2005). Med rastrske datoteke spadajo vse vrste slik in digitalni model reliefa v obliki pravilne kvadratne mreže, ki sem ga zaradi pomembnosti obravnaval posebej.

⁵ Listi DMV 12,5 se izdajajo glede na liste TTN5.

Rastrske datoteke, ki sem jih uporabil za izdelavo 3R-modela, so bile:

- **DOF 5** (Digitalni ortofoto na rt v merilu 1 : 5 000)

DOF 5 je aeroposnetek, ki je z upoštevanjem centralne projekcije posnetka in digitalnega modela reliefa, transformiran v državni koordinatni sistem. Izdelek je v metri nem smislu enak linijskemu na rtu ali karti in ima slikovni element v velikosti 0,5 m (GURS, 2008). DOF 5 sem pridobil v formatu *TIFF* na GURS-u, in sicer štiri liste za območje mesta Ljutomer. V programu *Photo paint*TM sem spremenil kontrast in svetlost⁶ DOF 5 ter ga shranil v format *JPG*. Tako sem dobil bolj jasno sliko, ki zasede manj prostora v računalniškem pomnilniku. Obdelan DOF 5 sem nato uporabil kot nanosni sloj na modelu reliefa v foto-realisti nem 3R-kartografskem modelu.

- **Terenske fotografije**

Terenske fotografije posameznih sten zgradb sem posnel z namenom, da bi se jim bolj približal realnemu prikazu urbanega okolja. Pri zajemu fotografij na terenu (fotografiranju) sem moral digitalni fotoaparatus postaviti bolj pravokotno na fasado in se je le moglo zjeti z eno fotografijo celotno fasado. Naknadno sem zajete terenske fotografije obdelal v programu *Photo paint*TM, kjer sem popravil popačenje zaradi perspektive. Tako dobljene slike sem uporabil kot nanosni sloj za posamezne fasade na pomembnih objektih v foto-realisti nem 3R-kartografskem modelu. Osnovne terenske fotografije sem uporabil tudi za pomoč pri izdelavi nekaterih geometričnih podrobnosti na 3R-modelih zgradb.

VEKTORSKE DATOTEKE

Vektorske datoteke podajajo podatke o položaju in povezljivosti prostorskih pojavov. Osnovni grafi in gradniki, ki sestavljajo vektorske datoteke, so točka, linija in območje in jih lahko opredelimo s ključnimi točkami, podanimi v koordinatnem sistemu in podanimi topološkimi povezavami med njimi (Šumrada, 2005).

⁶ Spremembi kontrasta in svetlosti rastrske datoteke sicer spadata v postopek kartografskega oblikovanja, vendar ju omenjam že pri modeliranju oziroma pri vzpostavitvi 3R-modela, da lažje pojasnim izdelavo nanosnega sloja.

Vse vektorske datoteke, ki sem jih uporabil pri praktičnem delu, sem pridobil v ESRI (Economic and Social Research Institute™) podatkovnem formatu – SHP, ki se uporablja za vektorske geopodatke. Pri izdelavi 3R-modela sem uporabil:

- **DTK 5** (Državna topografska karta v merilu 1 : 5 000)

DTK 5 vsebuje grafične in atributne topografske podatke o objektih, ki ustrezajo natančnosti merila 1 : 5000 (GURS, 2008). Vektorski podatki se v DTK 5 nahajajo v več podatkovnih slojih. Podatkovni sloji, ki sem jih uporabil za vzpostavitev 3R-modela, so v zbirki topografskih podatkov predstavljeni z navidezno osjo (Cesta in Železniška proga), z obrisom kapi strehe (Stavbe), z navidezno srednjo linijo (Osvodotoka), s ploskvijo (Vegetacija in Vodna površina) in s točko – centroidom pojava (Centroidi stavb). Vsak podatkovni sloj vsebuje tudi tematske attribute.

- **ERZ** (Evidenca rabe zemljiš)

ERZ je uradna evidenca o rabi zemljiš za celotno območje Republike Slovenije, katere upravljaavec je Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano. V njej so vsebovani poligoni, ki določajo enotno rabo zemljiš, in tematski atributi.

5.3 Kartografsko oblikovanje 3R-modela

Najpomembnejši proces za izdelavo kvalitetnih 3R-kartografskih prikazov je kartografsko oblikovanje. Preko kartografskega oblikovanja dobijo kartografski objekti 3R-karte svojo zunanjo obliko in lego znotraj modela. Vsi glavni objekti morajo biti prikazani čim bolj poudarjeno, vidno, jasno in razločno. Mnenje mnogih je, da naj bodo prikazani čim bolj realno, kar pa ne zagotavlja dovolj velikih komunikacijskih lastnosti, saj so si objekti v naravi preveč podobni. Zato za vsako vrsto objekta – za potrebe nazornih 3R-prikazov – oblikujemo kartografske znake v skladu s stopnjo generalizacije in vnaprej določenimi zahtevami, kot sta ustaljen in oblikovanja in barvni koncept. Kot sredstvo oblikovanja se v prvi vrsti uporabi Bertinove spremenljivke (barva, oblika, vzorec, smer, velikost in tonska vrednost).

3R-kartografske znake sem oblikoval tako, da so čim bolj asociativni in podobni uveljavljenim znakom na 2R-kartah. Izogibal sem se tudi prevelikemu poenostavljanju, saj takšni znaki v opazovalcu ne zbudijo pozornosti.

Oblikovanje posameznih objektnih področij sem na kratko opisal že v poglavju 3.5 Vsebina in oblikovanje vsebin 3R-kartografskih prikazov, zato v tem poglavju sledi le kratek opis oblikovanja objektnih področij iz tehnološkega vidika. Prikazal sem tudi nekaj reprezentativnih objektov s posameznih objektih področij za oba 3R-kartografska prikaza. Podrobneje sem opisal le oblikovanje in izdelavo rastrske slike, ki se nekoliko razlikuje od oblikovanja vektorskih podatkov in služi kot nanosni sloj na digitalnem modelu reliefa pri znakovnem 3R-kartografskem prikazu.

RASTRSKA SLIKA KOT NANOSNI SLOJ

Rastrsko sliko sem oblikoval na osnovi DTK 5 in DOF 5. Obe omenjeni datoteki sem združil v programu *AutoCAD*[™], v katerem sem nato polavtomatsko zajel posamezne objekte. Zajel sem pokritost tal (rabo zemljišča), hidrografijo in infrastrukturo. Te objekte sem generaliziral in tako dobljeno vektorsko datoteko izvozil v formatu *DXF*. V programu *CorelDRAW*[™] sem nato oblikoval tiste objektne tipe, ki se v znakovnem 3R-kartografskem modelu pojavljajo dvo-razsežno. To so travnik, njiva ter prometni in vodni objektni tipi. Oblikoval sem tudi tla, na katerih se nahajata gozd in urbano območje, ki v znakovnem kartografskem modelu vsebujeta tudi 3R-objekte – drevesa in zgradbe. Za posamezne objektne tipe sem določil barvo in oblikoval teksture, pri čemer je sem moral paziti, da so tako določene vsebine asociativne in se med seboj dovolj jasno ločijo. Tako oblikovane vsebine sem nato v programu *CorelDraw*[™] s pomočjo vektorske datoteke formata *DXF* položajno povezal z objekti ustreznega objektnega tipa. Dodal sem še kvadratno mrežo, ki pri 3R-kartografskih prikazih služi za določanje razdalj. Rte kvadratne mreže potekajo vzporedno vsakih 200 m.



Slika 5: Izsek nanosnega sloja

Zaradi zahteve po visoko kvalitetni rastrski podlagi in omejitev programa za izdelavo znakovnega 3R-kartografskega prikaza, sem izvozil sliko v formatu *TIFF* v štirih pravokotnih delih. Rastrsko sliko sem nato v programu *ArchiCAD*TM napel jez digitalni model reliefa.

VEKTORSKI OBJEKTI

Vektorski podatki ne vsebujejo nobenih grafi nih atributov , zato je kartografsko oblikovanje nujno potrebno. V nadaljevanju sledijo reprezentativni primeri objektov s posameznih objektih podro ij za znakovni in foto-realisti ni 3R-kartografski prikaz:

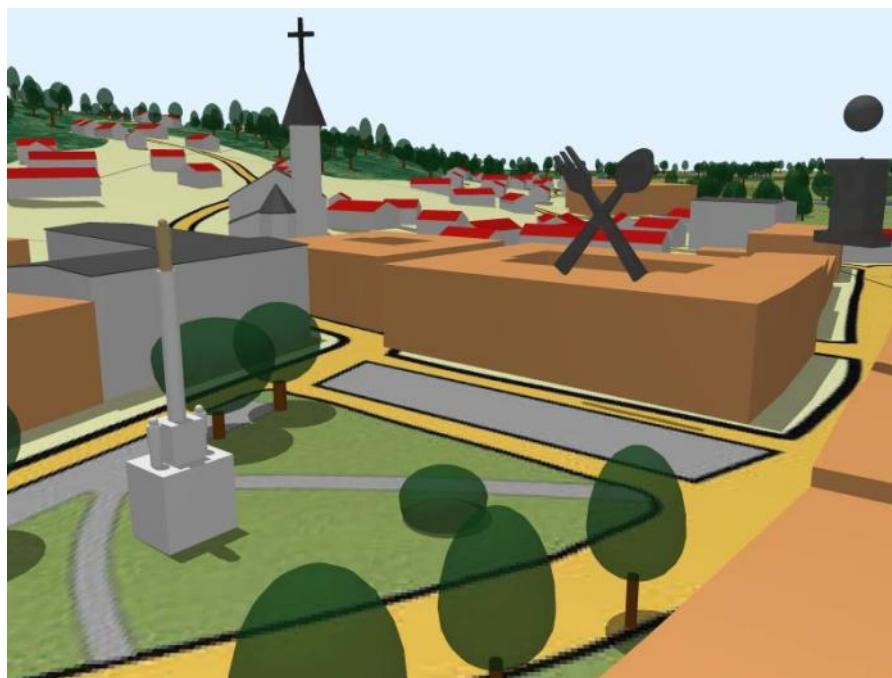
- **Naselja in objekti**

Za predstavitev stanovanjskega obmo ja mesta Ljutomer sem v programu *ArchiCAD*TM izdelal 3R-model hiše, katere tlorisni obris je štirikotnik. Določil sem ji tudi dvokapno streho in višino. Tako izdelan model hiše sem porazdelil glede na centroide stanovanjskih stavb in jih pove al na približno velikost zgradbe v naravi. Strnjениm delom naselja sem določil enako smer poteka zgradb. Izdelal sem še 3R-model ve stanovanjske zgradbe, ki se od navadne hiše razlikuje po barvi strehe in velikosti. V prikazu dovolj jasno ločimo med ve stanovanjskimi in eno- oziroma dvostanovanjskimi zgradbami ter pomembnejšimi objekti. Slednje sem namre izdelal

tako, da sem prave tlorisne obrise zgradbe dvignil na pravo višino in jim določil barvo, ki se razlikuje od barve na stanovanjskih zgradbah. Najizrazitejšo vizualno dominantno – cerkev – sem za večjo prepoznavnost izdelal bolj podrobno. Slika 6 (zgoraj) prikazuje opisane objekte v znakovnem 3R-kartografskem modelu.

Na fasade objektov sem v foto-realističnem 3R-kartografskem modelu dodal še teksture. Za eno- in dvostanovanjske zgradbe sem izdelal štiri različne modele hiš, na katere sem dodal različne nanosne sloje fasad. Le te sem pridobil z obdelavo fotografij značilnih hiš. Tako pridobljene modele hiš sem porazdelil glede na centroide stavb. Večstanovanjske in pomembne objekte pa sem izdelal geometrijsko podrobneje in na fasade dodal fotografije dejanskih objektov. Za realistični izgled strehe sem izdelal še različne teksture streh (slika 6 spodaj).

V mestnem jedru sem dodal tudi spomenik Brezmadežne Marije. Za znakovni 3R-kartografski prikaz sem ga izdelal iz geometrijskih objektov, za realistični prikaz pa sem terensko fotografijo spomenika obrezal, odstranil popačenje zaradi perspektive in ga v model dodal v navpični ravnini. Program *Visual Nature Studio*[™] take objekte obračuna proti izbrani kameri, zato so vedno vidni iz fotografirane strani (slika 6).



Slika 6: Izbran pogled v znakovnem (zgoraj) in foto-realisti nem (spodaj) 3R-kartografskem modelu, ki prikazuje oblikovanje zgradb in spomenika .

- **Pokritost tal**

Za potrebe znakovnega 3R-kartografskega modela sem izdelal model drevesa iz geometrijskih objektov – iz rjavega stožca in zelenega elipsoida, ki sem mu dodal u inek prosojnosti. Tako izdelana drevesa sem postavil na zna ilna mesta v mestnem jedru in jih porazdelil po gozdnih površinah. Ostali objektni tipi pokritosti tal so v znakovnem 3R-kartografskem modelu v celoti vklju eni v nanosni sloj.

Za foto-realisti ni prikaz pokritosti tal sem oblikoval ekosisteme⁷ in jih s pomo jo poizvedovanja po atributih povezal z ustreznimi vektorskimi podatki v vektorski datoteki ERZ. Tako so ekosistemi prekrili tla, kjer obstajajo podatki o rabi zemljiš . Izdelava ekosistema je sestavljena iz urejanja teksture, ki prekrije podlago, ter dolo itve parametrov rastlin (vrsta rastlin in število rastlin na površinsko enoto) , ki se porazdelijo po podlagi.

- **Hidrografija**

Teko e in stoje e vode so v znakovnem 3R-kartografskem modelu že vklju ene v nanosni sloj, kjer so predstavljene z modro barvo, za vodne objekte pa se izdelava 3R-kartografski znak. V foto-realisti nem 3R-kartografskem modelu je izdelava teko ih in stoje ih vod kompleksnejša. Najprej sem izdelal strugo (za teko e vode) oziroma krater (za stoje e vode) v reliefu, vdolbino pa zapolnil z vodo, ki sem ji dodal naravne u inke (valovitost površine in odsev okolice in neba).

- **Komunikacije**

Od komunikacij sem v 3R-kartografskem modelu oblikoval le kopenske komunikacije. Za znakovni model sem oblikoval dve kategoriji cest in železnico, za foto-realisti ni model pa pet kategorij cest in železnico.

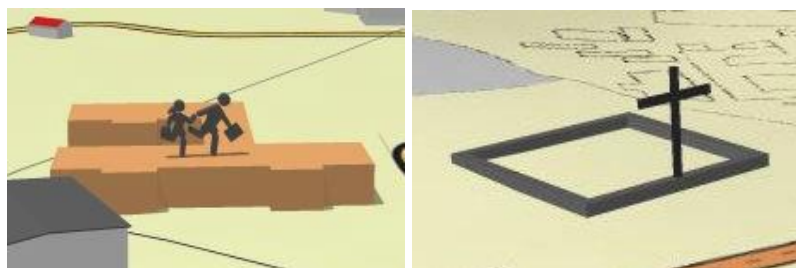
⁷ V *VNSTM* (3D Nature, LLC) se kot ekosistem pojmuje del okolja, ki pripada dolo eni rabi zemljiš a (Vrenko, 2007).

Komunikacije so tako kot veji del hidrografije in pokritosti tal v znakovnem 3R-kartografskem prikazu vključene v nanosni sloj. Za foto-realistični prikaz pa izdelamo teksturo površine prometnega objekta in prehod v sosednje ekosisteme. Določimo še parametre prioritete v primeru križanja različnih objektnih tipov komunikacij (slika 7).



Slika 7: Prikaz kopenskega prometa v znakovnem (levo) in foto-realističnem (desno) 3R-kartografskem prikazu.

V znakovni 3R-kartografski model sem vključil tudi dve vrsti **orientacijskih kartografskih objektov** in sicer objekte za pojasnila (slika 8, levo) ter navedbo merila in razdalj. Za boljšo orientacijo sem nekatere topografske objekte oblikoval povsem znakovno (slika 8, desno).



Slika 8: Pojasnjevalni znak za vrtec (levo) in pogojni znak za pokopališče (desno).

5.4 Upodobitev 3R-kartografskega modela

Pri postopku upodobitve se modeliran in oblikovan 3R-kartografski model obi ajno upodobi na 2R-mediju, s imer se 3R-model terena in kartografski objekti na njem projicirajo na ravnino po geometrijskih in matemati nih zakonitostih .

V postopku upodobitve sem nastavlil kamero v znakovnem in foto -realisti nem 3R-kartografskem modelu tako, da upodobljena prikaza zajemata enako obmo je, kar omogo a najboljšo primerjavo med prikazi. V znakovnem 3R-kartografskem modelu sem poleg osnovnih nastavitvev (zakonitosti upodobitve in opazovanje modela) nastavlil še preprosto sen enje modela in v ozadju dodal svetlo modro barvo. V foto-realisti nem 3R-kartografskem modelu, pa sem dolo il osvetlitev, strukturo neba in obla nost, atmosfersko meglico ter odsevnost na vodnih objektih (slika 9).



Slika 9: Odsevnost na vodnem objektu (levo) in u inek meglice ter struktura neba (desno) na foto-realisti nem 3R-kartografskem prikazu.

6 ZAKLJUČEK

Razvoj računalniške in komunikacijske tehnologije v zadnjih dveh desetletjih močno vpliva na vsa področja človekovega delovanja. Tako je tudi v kartografiji korenito spremenil postopke izdelave kart, spremenila pa se je tudi uporaba kart. Karte se danes izdeluje skoraj izključno s pomočjo računalniške opreme, tradicionalno uporabo kart na papirju pa vse bolj zamenjujejo karte na računalniškem zaslonu, ki omogočajo uporabnikom vpliv na karto in dinamične prikaze. Z razvojem računalnikov in ustrezne programske opreme so se uveljavile tudi trirazsežne karte, ki med drugim skušajo pripomočnikom k ustreznejši prepoznavi reliefa kot tretje razsežnosti, kar je vseskozi predstavljalo enega večjih problemov kartografije.

Omenjene novosti v kartografiji zahtevajo tudi drugačne pristope pri oblikovanju, kar zahteva prenovo nekaterih osnovnih kartografskih načel. V diplomski nalogi sem raziskal znanstveno kartografsko področje oblikovanja kart in preizkusil oblikovna načela za trirazsežne karte na praktičnih primerih.

Večina novejših kartografskih izdelkov se je usmerila k čim bolj realističnim prikazom zemljišča, kar pa je v nasprotju s kartografskim bistvom – »prikaz zemljišča z znanstveno določenimi načeli znakovnega pojasnjevanja realnosti (Petrovič, 2001).« Le z znakovnim prikazom se namreč doseže dovolj visoka informacijska vrednost, ki presega vrednost fotografij in foto-realističnih prikazov.

Zaradi spreminjanja nekaterih načel in izgubljanja bistva kartografije pri nekaterih novejših prikazih, sem v diplomski nalogi najprej predstavil zgodovinski razvoj kartografskih predstavitev, geoinformacije (katerih predstavitev je namen kartografije) in spremenbe oziroma novosti, ki se pojavljajo pri modernih kartografskih prikazih. Na kratko sem še predstavil psihološke vidike, ki so pomembni pri zaznavanju kartografskih predstavitev, s poudarkom na globinski zaznavi 3R-kart. Opredelil sem tudi načela globinske zaznave prostora, ki so sestavljena iz psiholoških in fizioloških globinskih znakov.

V prvih dveh poglavjih so tako opisane osnove za razumevanje 3R-kart, ki jih podrobneje obravnavam v tretjem poglavju. V kartografski stroki še ni splošno sprejete definicije 3R-

karte, zato sem v uvodu k tretjemu poglavju navedel nekaj definicij razlikih avtorjev. Nato sem opredelil kriterije za delitev 3R-kart in prikazal primer delitve po kriteriju oblikovanja in simbolizacije na konkretnem primeru. Na koncu oblika 3R-kartografskega prikaza vplivajo vsi trije koraki procesa izdelave 3R-karte. To so modeliranje, kartografsko oblikovanje in upodobitev. Pri vsakem koraku sem navedel vidike oblikovanja oziroma spremenljivke, ki vplivajo na končno obliko 3R-kartografskega prikaza. Najbolj na končno obliko vpliva oblikovanje vsebin, pri katerih se – poleg nekaterih privzetih pravil za 2R-karte – pojavljajo nova načela za oblikovanje, saj moramo elemente prikazati tri razsežno. Nova načela se pojavljajo tudi pri generalizaciji. Dodatna postopka generalizacije, ki ju moramo upoštevati pri izdelavi skoraj vsake 3R-karte, sta generalizacija modela reliefa in 3R-generalizacija zgradb. Na koncu tretjega poglavja sem še opisal uporabnost 3R-kart ter opredelil realizem in abstrakcijo.

Bistvo moje diplomske naloge – praktično oblikovanje znakovnega in foto-realisti nega 3R-kartografskega prikaza – je opisano v tretjem poglavju. Za izdelavo prikazov sem izbral obliko, ki vsebuje najrazličnejše elemente vsebine 3R-karte. Tako sem lahko preizkusil načela oblikovanja na raznovrstnih elementih.

Za primerjavo različnih 3R-kartografskih prikazov je pomembno, da v zadnjem procesnem koraku izdelave 3R-karte – upodobitvi, določimo podobne parametre kamere in projekcije za obe upodobitvi. Ti spremenljivki najbolj vplivata na geometrijo prikaza. Izdelal sem več upodobitev 3R-kartografskih modelov, ki omogočajo pregledno primerjavo med znakovnim in foto-realističnim kartografskim prikazom.

Med izdelavo 3R-kart sem ugotovil, da sta kakovost in hitrost izdelave posameznih prikazov močno odvisni od avtorjeve sposobnosti rokovanja s programsko opremo in od izbire ustreznih programov. V postopku kartografskega oblikovanja v znakovnem 3R-kartografskem modelu sem uporabil programa *ArchiCADTM* in *CoreDrawTM*. Noben od omenjenih programov v prvi vrsti ni namenjen kartografom, zato so se mi pojavljali manjši problemi. V programu *ArchiCADTM* ne moremo dodajati zelo velikih in kvalitetnih rastrskih nanosnih slojev, zato sem rastrsko podlago razdelil na štiri dele, jih v program uvozil samostojno in jih

georeferenciral. Kljub temu nanosni sloj ne dosega zadovoljive kvalitete in se pri bližnjih pogledih pojavlja rastrska struktura oziroma nazobana slika.

Pri izdelavi foto-realisti nega 3R-kartografskega prikaza se je problem pojavil v postopku upodobitve, ki se jo izvede s programom *VNS2TM*. 3R-objekti niso ustvarili senc na terenu oziroma so jih le izjemoma. Predvidevam, da sem spregledal katero izmed nastavitev, saj so modeli dreves ustvarili sence, modeli zgradb pa ne. Zato sem se odločil, da za dosego homogenosti prikaza, izklopim vse sence, kar pa predstavlja problem pri globinski zaznavi prikaza.

Sam menim, da ni smiselno določati katera oblika 3R-kartografskega prikaza je pravilna in boljša, temveč ugotoviti prednosti in slabosti znakovnih in foto-realističnih 3R-kartografskih prikazov za različne problemske vsebine in vrste uporabe. Foto-realistični 3R-kartografski prikazi vsebujejo veliko vizualnih informacij, kar pomeni, da lahko na eni strani podrobno zaznamo kartografske objekte, ki so prikazani v velikem merilu, na drugi strani pa pri prikazih iz večje oddaljenosti postane vsebina vizualno preobremenjena. Z znakovnim 3R-prikazom lažje prenesemo pomembne informacije do uporabnika, saj ne vsebuje odvečnih podrobnosti, ki ovirajo prenos geoinformacij. Tak prikaz je bolj uporaben pri nekoliko manjših merilih.

Med izdelavo diplomske naloge sem tudi dobil idejo o kombiniranju prikazov oziroma o vključevanju elementov enega kartografskega prikaza v drugega. Tako sem izdelal še:

- **Fotorealisti ni 3R-kartografski model**, v katerem sem zmanjšal koli ino vizualnih informacij s poenostavitvijo manj pomembnih objektov. Tako so prišli pomembnejši objekti bolj do izraza in jih zato lažje in hitreje prepoznamo.



Slika 10: Poenostavitev manj pomembnih objektov v foto-realisti nem 3R-kartografskem prikazu

- **Znakovni 3R-kartografski model**, v katerem sem pomembne objekte poudaril s pove evanjem geometrijskih podrobnosti. S tem postanejo objekti prepoznavni, prik az kartografskega modela pa zanimiv tudi iz ve je bližine.



Slika 11: Pove evanje geometrijskih podrobnosti na objektih v znakovnem 3R-kartografskem prikazu (mestna hiša in cerkev sta poudarjeni na spodnji slik)

VIRI

3D Nature, LLC, 3D Landscape Design & Visualization Software.
<http://3dnature.com/images/ka2fromrb.jpg> (03 . 09. 2008).

Batty, M., Chapman, D., Evans, S. in sod. 2000. Visualizing the City: Communicating Urban Designs to Planners and Decision-Makers. London, Centre for Advanced Spatial Analysis.
http://www.casa.ucl.ac.uk/working_papers/Paper26.pdf (15 . 8. 2008).

Bidoshi, K., Ramirez, J., R., Caelli, T. 1999. Multimedia visualization for maps of the future - Abstract, 19th International Cartographic Conference.
<http://training.esri.com/campus/library/Bibliography/RecordDetail.cfm?ID=40351>
(18. 6. 2008).

Bidoshi, K., Ramirez, R. J., Caelli T. 1999. Multimedia visualization for maps of the future, Abstract.
<http://training.esri.com/campus/library/Bibliography/RecordDetail.cfm?ID=40351>
(11. 6. 2008).

Birn, J. 2002. 3dRender.com. <http://www.3drender.com/glossary/3drendering.htm>.
(27. 08. 2008).

Cartwright, W., Peterson, M., P. 2007. Multimedia Cartography. V: Cartwright, W., Peterson, M., P. in Gartner, G. Multimedia Cartography Second Edition. Heidelberg, Springer:
str. 1 – 10.

Crone, G. R. 1953. Maps and Their Makers an Introduction to the History of Cartography:
<http://www.questia.com/read/5925956?title=Maps%20and%20Their%20Makers%20a%20An%20Introduction%20to%20the%20History%20of%20Cartography> (11. 6. 2008).

Dey, R., M. 2005. Photorealistic Landscape Visualization: A Step Towards a Digital Earth. Oregon State University, The Geosciences Department.

http://www.3dnworld.com/users/103/research/dey_research_paper.pdf (15. 8. 2008).

Döllner, J. 2007a. Non-Photorealistic 3D Geovisualization V: Cartwright, W., Peterson, M., P. in Gartner, G. Multimedia Cartography Second Edition. Heidelberg, Springer:

str. 229 – 240.

Döllner, J. 2007b. Real-Time Virtual Landscapes V: Cartwright, W., Peterson, M., P. in Gartner, G. Multimedia Cartography Second Edition. Heidelberg, Springer: str. 241 – 254.

Döllner, J., Buchholz, H., Nienhaus, M., Kirsch, F. Illustrative Visualization of 3D City Models. Potsdam, University of Potsdam.

http://cgs.hpi.uni-otsdam.de/publications/Public/2005/DBNK05/NprPaperVDM_stamped.pdf (12. 06. 2008).

Fairbairn, D., Andrienko, G., Andrienko N., Buziek G., Dykes, J. Representation and its relationship with cartographic visualization: a research agenda.

<http://www.geovista.psu.edu/sites/icavis/agenda/PDF/Fairbairn.pdf> (11. 6. 2008).

Fillips, C., M. 2007. Multimedia Cartography, Undergraduate coursework program. RMIT University.

<http://user.gs.rmit.edu.au/RMIT%20Program%20Info%20pdf/Multi.%20Cartography07-08.pdf> (12. 8. 2008).

Gadgets News, WordPress page. <http://thegadgetsnews.com/> (15. 6. 2008).

Geodetska uprava Republike Slovenije – Seznam metapodatkov upravljalca. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor.

http://prostor.gov.si/cepp/GURS_upr.jsp (04. 06. 2008).

Glander, T., Dollner, J. 2008. Automated Cell Based Generalization of Virtual 3D City Models with Dynamic Landmark Highlighting . 11th ICA Workshop on Generalisation and Multiple Reslides.

http://aci.ign.fr/montpellier2008/papers/29_Glander_Dollner.pdf (22 . 6. 2008).

Häberling, C. 2003. Topografische 3D-Karten. Doktorska disertacija. Zürich, ETH Zürich, Institut für Kartographie: 167 str.

Hekmatzada, D., Meseth, J., Klein, R. Non-Photorealistic Rendering of Complex 3D Models on Mobile Devices. Institute of Computer Science II, Computer Graphics Group. <http://www.cg.cs.uni-bonn.de/docs/publications/2002/hekmatzada-2002-NPRonPDA.pdf> (12. 6. 2008).

History of cartography. Wikipedia, The free encyclopedia. http://en.wikipedia.org/wiki/History_of_cartography (12 . 8. 2008).

Hologram, Mental Training Workgroup.

<http://www.sgmt.at/ReferE/Hologram.htm> (15 . 06. 2008).

International Cartographic Association, New Zealand Cartographic Society. <http://www.cartography.org.nz/ica.htm> . (20. 6. 2008).

Jobst, M., 3D Multimedia Presentations - Integrating Remote Sensing, Photogrammetric Modelling and Cartographic Visualisation. Vienna, Technical University of Vienna, Institute of GI and Cartography.

<http://www.isprs.org/istanbul2004/comm5/papers/630.pdf> (20 . 6. 2008).

Jobst, M., Germanchis, T. 2007. The Employment of 3D in Cartography – An Overview V: Cartwright, W., Peterson, M., P. in Gartner, G. Multimedia Cartography Second Edition. Heidelberg, Springer: str. 217 – 228.

Kada, M. 2007a. Generalisation of 3D Building Models by Cell Decomposition and Primitive Instancing. Visualization and Exploration of Geospatial Data. http://www.geovisualisierung.net/isprs2007/docs/31_Kada.pdf (22 . 6. 2008).

Kada, M. 2007b. A Contribution to 3D Generalisation, Photogrametric Week '07. <http://www.ifp.uni-stuttgart.de/publications/phowo07/070Kada.pdf> (22 . 6. 2008).

Keresteš, K. 2004. Avtomatizirana kartografska generalizacija V : Podobnikar, T., Perko, D., Hladnik, D., Krevs, M., eh, M., Stan i , Z. Geografski informacijski sistemi v Sloveniji 2003–2004. Ljubljana, ZRC. <http://zalozba.zrc-sazu.si/?q=node/361> (12. 8. 2008).

Khronos, Open Standards for Media Authoring and Acceleration. http://www.khronos.org/consumers/product_details/m_loma_mobile_3d_map/ (15. 6. 2008).

Kremeike, K. 2004. Generalization of dense digital terrain models while enhancing important objects, Geo-Imagery Bridging Continents, XXth ISPRS Congress. <http://www.isprs.org/istanbul2004/comm4/comm4.html> (11. 6. 2008).

MacEachren, A., M. An evolving cognitive-semiotic approach to geographic visualization and knowledge construction. Penn State University, Department of Geography http://www.geovista.psu.edu/storage/alan/amm_InfoDesign.pdf (12 . 08. 2008).

Mašera, P. 2004. Analiza odziva uporabnikov na oblikovanje 3D kartografskih upodobitev. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za geodezijo: 87 f.

Mercator Projection. Wikipedia, The free encyclopedia. http://en.wikipedia.org/wiki/Mercator_projection (12 . 8. 2008).

Milisavljevi , S. 1974. Kartografsko generalisanje. V: Peterca, M., Radoševi , N., Milisavljevi , S., Racetin, F. Kartografija. Beograd, Vojnogeografski inštitut: str. 283 – 329.

Nv news, An Nvidia Fansite.

<http://www.nvnews.net/articles/3dimagery/3dglass.shtml> (15. 06. 2008).

One Picture's Worth.

<http://www.onepicturesworth.com/2007/12/11/wtf-technology/> (15. 06. 2008).

Patterson, T. 2004. DEM Manipulation and 3D Terrain Visualization: Techniques used by the U.S. National Park Service.

<http://www.shadedrelief.com/dem/dem.html> (12. 6. 2008).

Peterson, M., P. 2007. Elements of Multimedia Cartography. V: Cartwright, W., Peterson, M., P. in Gartner, G. Multimedia Cartography, Second Edition. Heidelberg, Springer: str. 63 – 73.

Petrovi , D. 2005. Cartography and Geoinformation in Slovenia. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.

<http://hrcak.srce.hr/file/3740> (03. 09. 2008).

Petrovi , D., 2001. Načela oblikovanja izraznih sredstev v tridimenzionalnih kartografskih prikazih. Doktorska disertacija. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 130 f.

ProductReviews, Dansway Communications LTD.

<http://www.product-reviews.net/category/electronics/televisions/page/4/> (15. 06. 2008).

Racetin, F. 1974. Tematske karte i geografski atlas. V: Peterca, M., Radoševi , N., Milisavljevi , S., Racetin, F. Kartografija. Beograd, Vojnogeografski inštitut: str. 395 – 433.

Radoševi , N. 1974a. Pregled razvitka kartografije u svetu. V: Peterca, M., Radoševi , N., Milisavljevi , S., Racetin, F. Kartografija. Beograd, Vojnogeografski inštitut: str. 633 - 690.

Radoševi , N. 1974b. Geografski elementi karte. V: Peterca, M., Radoševi , N., Milisavljevi , S., Racetin, F. Kartografija. Beograd, Vojnogeografski inštitut: str . 15 – 107.

Radoševi , N. 1974c. Pregled istorije kartografije jugoslovenskih zemalja V: Peterca, M., Radoševi , N., Milisavljevi , S., Racetin, F. Kartografija. Beograd, Vojnogeografski inštitut: str. 691 – 744.

Radovan, D., Janeži , M. 2001. Avtomatska kontrola logi ne konsistence 3D baze mestnega jedra, Geodetski vestnik, let. 45, št. 12.

<http://www.geodetski-vestnik.com/45/gv45-12.pdf> (15. 8. 2008).

Rojc, B. 1986. Prispevek k raziskovanju percepcije vsebine karte. Doktorska disertacija. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo: 198 f.

Roy, P. S., Kumar, M. 2002. Cartographic History and Education. Dehradun, Indian Institute of Remote Sensing: 6 str.

http://www.incaindia.org/technicalpapers/59_CHE02.pdf (11 . 6. 2008).

Šumrada, R. 2005. Strukture podatkov in prostorske analize. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.

Terribilini, A. 1999. Maps in transition: development of interactive vector -based topographic 3D-maps. Institut für Kartographie der ETH Zürich.
http://www.mountaincartography.org/publications/papers/ica_cmc_sessions/1_Ottawa_Sessions_Relief/03_Ottawa_Terribilini.pdf (20 . 05. 2008).

Vrenko, D., 2007. Upodobitev prostorskega modela v Visual Nature Studiu™ V: Geodetski vestnik, let. 51, št. 3.

http://www.geodetski-vestnik.com/51/3/gv51-3_582-599.pdf (15. 8. 2008).

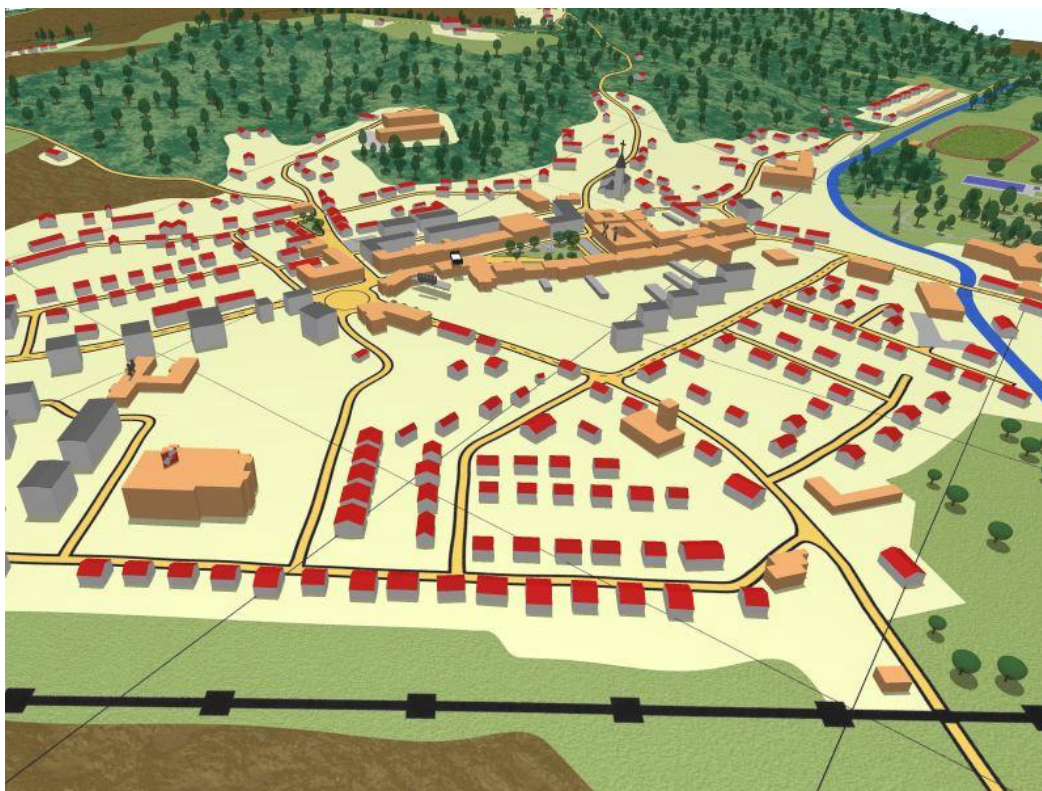
KAZALO PRILOG

PRILOGA A	Primer letalske fotografije in 3R-kartografskih prikazov za isto območje
PRILOGA B	Primeri izsekov 3R-kartografskih prikazov
B1	Stoječa voda
B2	Cerkev
B3	Staro mestno jedro
PRILOGA C	Izseki iz znakovnega 3R-kartografskega prikaza
PRILOGA D	Izseki iz foto-realisti nega 3R-kartografskega prikaza

PRILOGA A: Primer letalske fotografije in 3R-kartografskih upodobitev za isto območje



Letalska fotografija osrednjega dela mesta Ljutomer



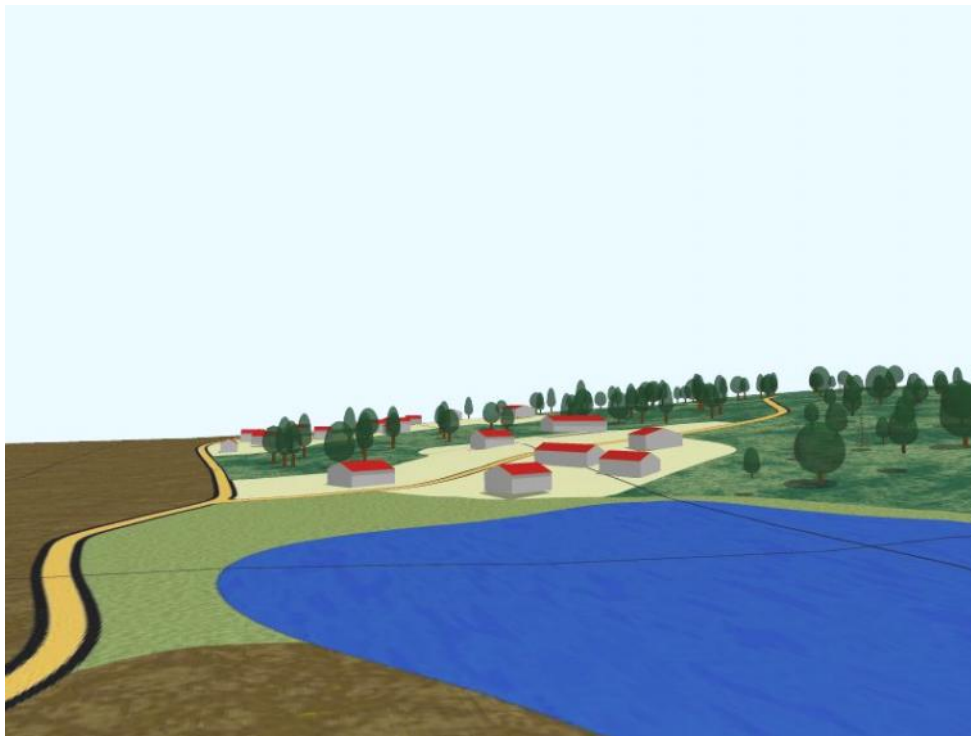
Znakovni 3R-kartografski prikaz osrednjega dela mesta Ljutomer



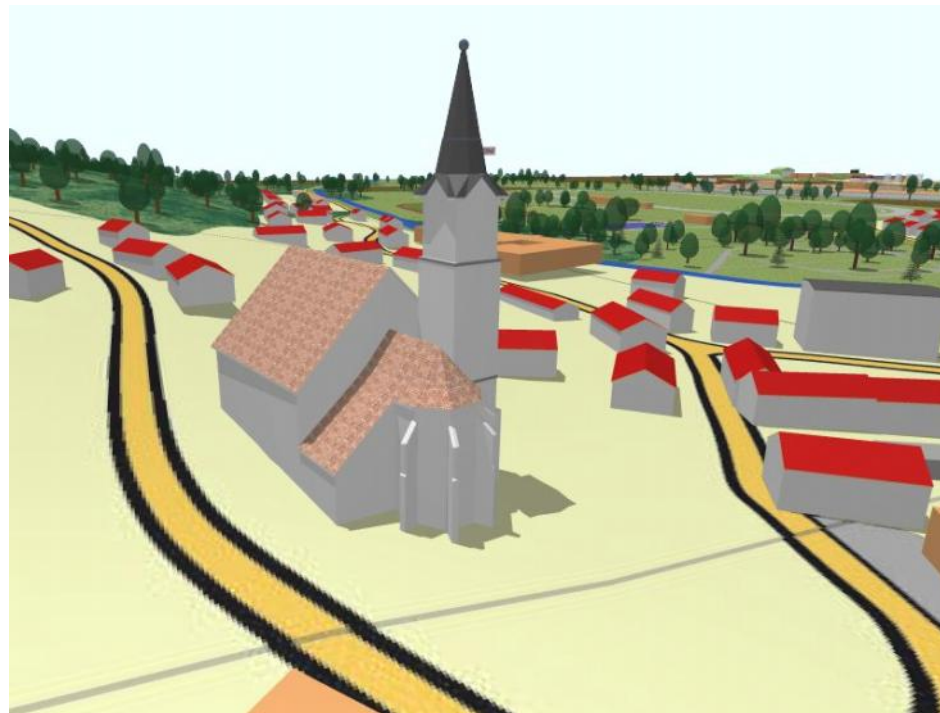
Foto-realisti en 3R-kartografski prikaz osrednjega dela mesta Ljutomer

PRILOGA B: Primeri izsekov 3R-kartografskih prikazov za primerjavo

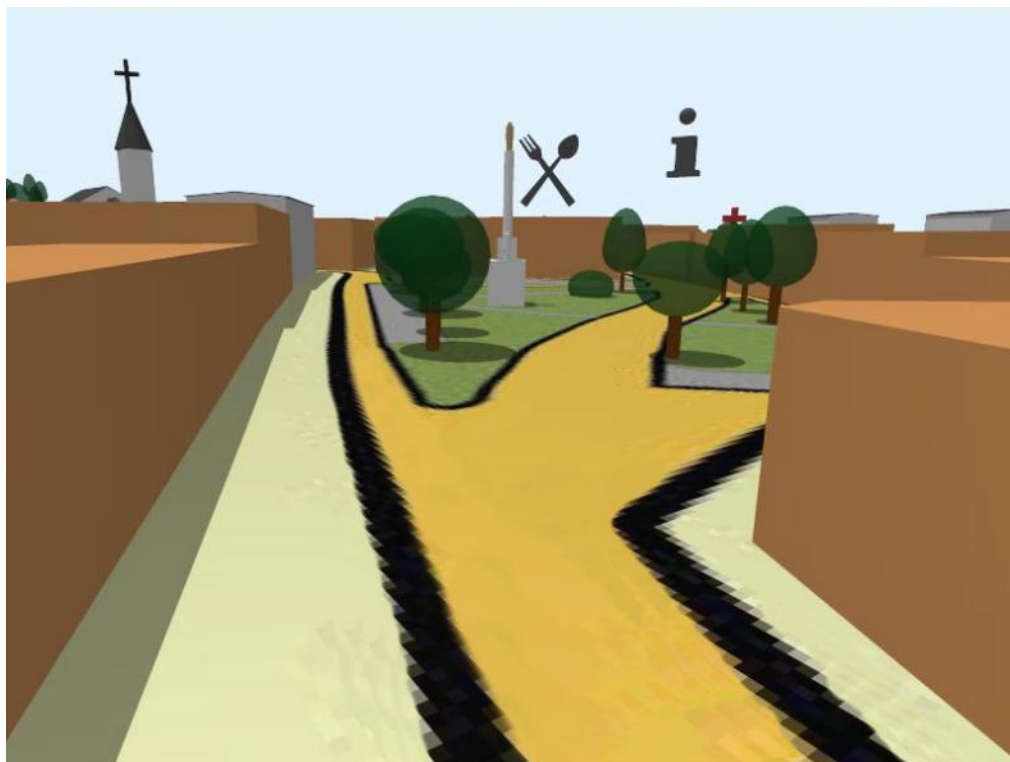
B1: Stojje a voda



B2: Cerkev sv. Janeza Krstnika



B3: Staro mestno jedro



PRILOGA C: Izseki iz znakovnega 3R-kartografskega prikaza



PRILOGA D: Izseki iz foto-realisti nega 3R-kartografskega prikaza

